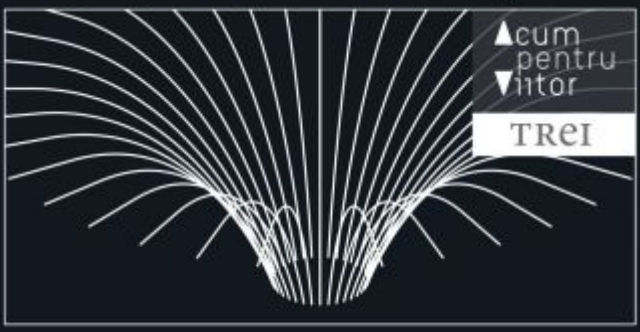
moartea într-o gaură neagră

și alte dileme cosmice

Neil deGrasse Tyson



Neil deGrasse Tyson

Moartea într-o gaură neagră

şi alte dileme cosmice

Traducere din limba engleză de
Martin Zick

EDITURA TREI
2017

Neil deGrasse Tyson

DEATH BY BLACK HOLE AND OTHER COSMIC QUANDARIES

Copyright © 2007

Publicat prin acord cu W.W. Norton & Company, Inc.

© Editura Trei, 2017
pentru prezenta ediție

C.P. 27-0490, Bucureşti
Tel./Fax: +4 021 300 60 90
e-mail: comenzi@edituratrei.ro
www.edituratrei.ro

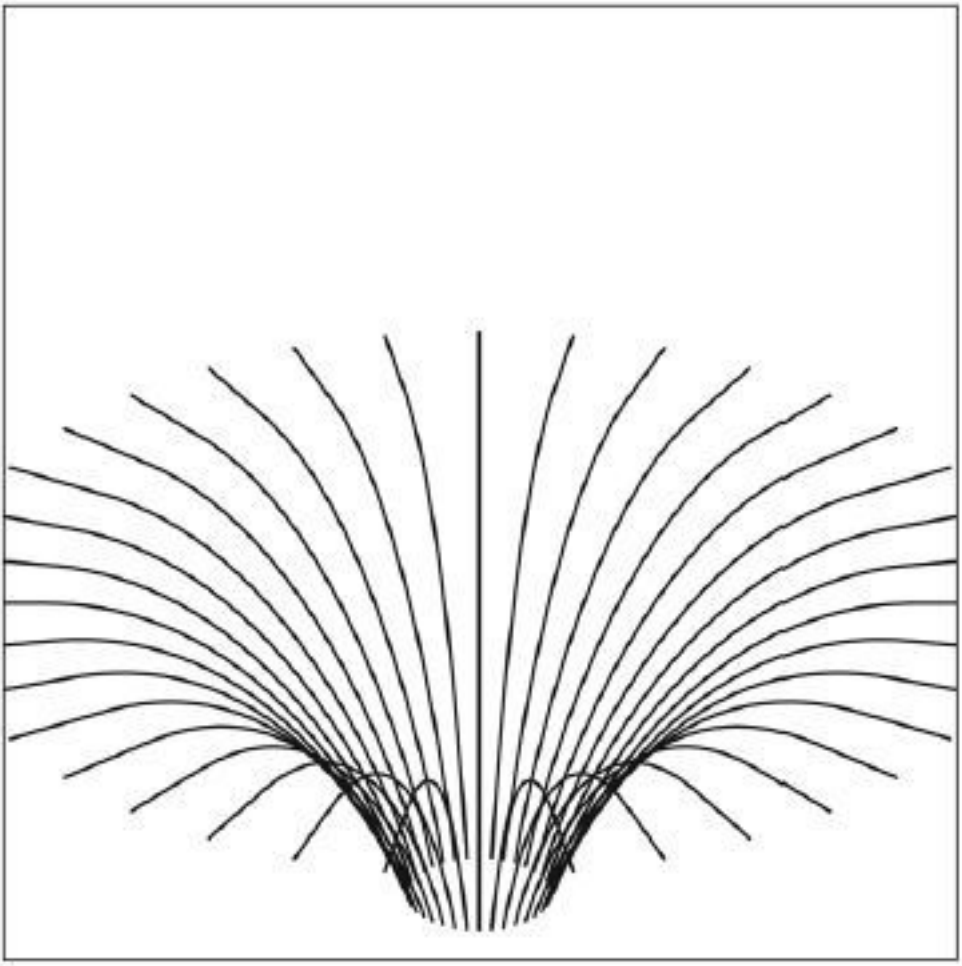
ISBN ePUB: 978-606-40-0220-4
ISBN PDF: 978-606-40-0221-1
ISBN Print: 978-606-40-0093-4

Editori: Silviu Dragomir, Vasile Dem. Zamfirescu
Director editorial: Magdalena Mărculescu
Redactor: Mihaela Ionescu
Design: Radu Manelici
Director producție: Cristian Claudiu Coban
DTP: Mihaela Gavriloiu
Corectură: Rodica Petcu, Lorina Chițan

Această carte în format digital (e-book) este protejată prin copyright şi este destinată exclusiv utilizării ei în scop privat pe dispozitivul de citire pe care a fost descărcată. Orice altă utilizare, incluzând împrumutul sau schimbul, reproducerea integrală sau parțială, multiplicarea, închirierea, punerea la dispoziția publică, inclusiv prin internet sau prin rețele de calculatoare, stocarea permanentă sau temporară pe dispozitive sau sisteme cu posibilitatea recuperării informației, altele decât cele pe care a fost descărcată, revânzarea sau comercializarea sub orice formă, precum şi alte fapte similare săvârşite fără permisiunea scrisă a deținătorului copyrightului reprezintă o încălcare a legislației cu privire la protecția proprietății intelectuale şi se pedepseşte penal şi/sau civil în conformitate cu legile în vigoare.

Lectura digitală protejează mediul

Versiune digitală realizată de elefant.ro



„Bănuiala mea este că Universul nu este doar mai bizar decât ne imaginăm, ci mai bizar decât ne-am putea imagina.”

J.B.S. Haldane
Lumi posibile (1927)

PREFAȚĂ

Văd universul nu ca pe o colecție de obiecte, fenomene şi teorii, ci ca pe o imensă scenă plină cu actori ale căror acțiuni sunt dictate de întorsături de situație şi intrigi complicate. Aşa că, atunci când scriu despre cosmos, mi se pare normal să aduc cititorii în culise, ca să vadă de aproape cum arată decorurile, cum sunt scrise piesele şi care va fi repertoriul în continuare. Am urmărit întotdeauna să transmit viziunea mea asupra modului în care funcționează universul, ceea ce este mai greu decât să expui pur şi simplu nişte fapte. Uneori, când cosmosul o cere, trebuie să ne încruntăm sau să râdem, aşa cum fac şi măştile-simbol ale teatrului. Alteori, tot când cosmosul o cere, trebuie să ne speriem de moarte. Aşadar, mă gândesc la *Moartea într-o gaură neagră* ca la un portal spre tot ce mişcă, luminează şi îngrozeşte în univers.

Într-o formă sau alta, fiecare capitol al acestei cărți a apărut mai întâi în paginile revistei *Natural History*, la rubrica „Universul", între 1995 şi 2005. *Moartea într-o gaură neagră* este un fel de „Top al celor mai grozave lucruri legate de univers" şi cuprinde câteva dintre cele mai citite eseuri pe care le-am scris, cu editări minore prin care se asigură continuitatea şi reflectarea noilor tendințe din ştiință.

Îți propun această culegere, cititorule, ca pe o posibilă bine-venită abatere de la rutina zilnică.

Neil deGrasse Tyson
New York
Octombrie 2006

MULȚUMIRI

Pregătirea mea formală în materie de univers priveşte stelele, evoluţia lor şi structurile galactice. Prin urmare, n-aş fi putut scrie cu certitudinea autorităţii despre subiectele variate din această culegere fără privirea atentă a colegilor mei, ale căror comentarii pe marginea articolelor scrise lună de lună au făcut adesea diferenţa dintre simpla expunere a unei idei şi îmbogăţirea ei cu sensuri extrase de la frontierele cercetării cosmice. Pentru chestiunile legate de sistemul solar îi sunt recunoscător lui Rick Binzel, fost coleg de facultate, astăzi profesor de ştiinţe planetare la MIT. A răspuns la multe dintre apelurile mele telefonice atunci când căutam disperat pe cineva care să verifice ce scrisesem sau aveam de gând să scriu despre planete şi mediile lor.

Printre alţii care au jucat acelaşi rol se numără profesorii de astrofizică de la Princeton Bruce Draine, Michael Strauss şi David Spergel, ale căror cunoştinţe colective în materie de chimie cosmică, galaxii şi cosmologie m-au ajutat să sondez cămara cosmosului mai adânc decât aş fi putut-o face singur. Printre colegii mei mai apropiaţi de aceste eseuri se numără Robert Lupton, de la Princeton, care, fiind educat cum se cuvine în Anglia, îmi lasă impresia că ştie totul despre absolut orice. Pentru mai toate eseurile din acest volum, atenţia acordată de Robert detaliilor ştiinţifice şi literare deopotrivă a contribuit la îmbunătăţirea în fiecare lună a celor scrise de mine. Un alt coleg, specialist în multiple discipline, care este întotdeauna atent la ce fac, este Steven Soter. Articolele mele par cumva incomplete dacă nu sunt supuse mai întâi atenţiei lui.

Din lumea literară vreau să-i mulţumesc lui Ellen Goldensohn, care a fost prima mea editoare la revista *Natural History*, invitându-mă să scriu primul articol în 1995, după ce a auzit un interviu pe care l-am dat la radioul public. Am fost imediat de acord. Iar această sarcină lunară este în continuare una dintre cele mai istovitoare şi mai

provocatoare activități ale mele. Avis Lang, editoarea de la acest moment, continuă eforturile începute de Ellen, asigurându-se, fără compromisuri, că spun ceea ce gândesc şi gândesc ceea ce spun. Le sunt îndatorat amândurora pentru timpul investit ca să mă transforme într-un scriitor mai bun. Alte persoane care m-au mai ajutat să îmbunătățesc conținutul unuia sau mai multor articole ale mele sunt: Phillip Branford, Bobby Fogel, Ed Jenkins, Ann Rae Jonas, Betsy Lerner, Mordecai Mark Mac-Low, Steve Napear, Michael Richmond, Bruce Stutz, Frank Summers, Ryan Wyatt, printre alții. Kyrie Bohin-Tinch a făcut un prim efort de a mă ajuta să organizez universul acestei cărți. Îi mulțumesc şi lui Peter Brown, redactorul-şef al revistei *Natural History*, pentru că a sprijinit strădaniile mele de a scrie şi pentru că mi-a permis să reproduc eseurile alese de mine în această culegere.

Pagina de față ar fi incompletă fără menționarea succintă a îndatorării mele față de Stephen Jay Gould, a cărui rubrică din *Natural History*, „O viziune asupra vieții”, a ajuns la trei sute de eseuri. Ne-am suprapus la revistă timp de şapte ani, din 1995 până în 2001, şi nu a trecut nicio lună fără să-i simt prezența. Stephen este, practic, inventatorul formei moderne a eseului, iar influența lui asupra scrierilor mele este evidentă. Atunci când sunt obligat să sap mai adânc în istoria ştiinței, întorc paginile unor cărți rare din secolele trecute, aşa cum a făcut de atâtea ori şi Gould, scoțând de acolo o bogăție de exemple care arată cum au încercat cei dinaintea noastră să înțeleagă modul de funcționare a lumii naturale. Moartea lui prematură, la 60 de ani, ca şi cea a lui Carl Sagan, la 62 de ani, au lăsat un gol în lumea comunicării ştiințifice, pe care nimeni nu a reuşit să-l umple nici până astăzi.

PROLOG

ÎNCEPUTURILE ŞTIINŢEI

Succesul legilor fizicii cunoscute în explicarea lumii din jurul nostru dă naştere adesea unor atitudini încrezătoare şi încrezute faţă de nivelul cunoaşterii umane, mai ales atunci când lacunele din cunoştinţele noastre despre obiecte şi fenomene sunt percepute ca fiind mici şi nesemnificative. Laureaţi Nobel şi alţi oameni de ştiinţă respectabili s-au aflat şi ei în această postură, şi uneori s-au făcut de râs.

O faimoasă prezicere a „sfârşitului ştiinţei" a apărut în 1894, în discursul ţinut la inaugurarea laboratorului de fizică Ryerson al Universităţii din Chicago de către Albert A. Michelson, viitor laureat al Premiului Nobel:

> *Legile şi certitudinile cele mai importante ale ştiinţei fizicii au fost deja descoperite şi sunt acum atât de bine înrădăcinate, încât posibilitatea ca acestea să fie înlocuite ca urmare a unor descoperiri noi este aproape imposibil de conceput... Descoperirile viitoare o să constituie o parte neînsemnată a ştiinţei.* (Barrow 1988, p. 173)

Unul dintre cei mai străluciţi astronomi ai vremii, Simon Newcomb, care s-a numărat şi printre fondatorii Societăţii Americane de Astronomie, împărtăşea încă din 1888 viziunea lui Michelson: „Probabil că ne apropiem de limita cunoştinţelor pe care le putem avea în domeniul astronomiei" (1888, p. 65). Chiar şi Lordul Kelvin, marele fizician care, aşa cum o să vedem în Secţiunea a treia, a dat numele scării temperaturii absolute, a căzut victimă propriei încrederi în sine în 1901, când a susţinut că „nu mai este nimic nou de descoperit în fizică. Mai rămâne doar să găsim modalitatea de a efectua măsurători tot mai precise" (1901, p. 1). Sunt comentarii făcute pe vremea în care eterul luminifer încă mai era considerat mediul în care lumina se propagă prin spaţiu, iar mica diferenţă dintre traiectoria observată şi cea calculată a planetei Mercur în jurul

Soarelui era neexplicată. Pe atunci se considera că aceste dileme sunt minore şi că nu este nevoie decât de mici ajustări ale legilor fizicii cunoscute pentru a le lămuri.

Din fericire, Max Planck, unul dintre părinții mecanicii cuantice, s-a dovedit mai vizionar decât mentorul lui. Într-o conferință din 1924 a vorbit despre un sfat primit în 1874:

> *Când am început studiile de fizică şi i-am cerut un sfat venerabilului meu profesor Philipp von Jolly... acesta mi-a spus că fizica este o ştiință foarte dezvoltată, aproape maturizată... Poate că mai exista prin vreun cotlon o particulă de praf sau vreo mică bulă neexaminată şi clasificată, dar sistemul era în ansamblu destul de solid, iar fizica teoretică se apropia vizibil de acel nivel de perfecțiune pe care geometria, de exemplu, îl avea de secole.* (1996, p. 10)

La început, Planck n-a avut niciun motiv să se îndoiască de spusele profesorului său. Dar când a constatat că explicația clasică a modului în care materia emite energie nu se poate confirma prin experimente, a început să aibă îndoieli şi în 1900 a sugerat în mod revoluționar posibilitatea existenței unei cuante, o unitate indivizibilă de energie, vestind o nouă epocă în fizică. În următorii treizeci de ani aveau să apară teoriile relativității – restrânsă şi generală –, mecanica cuantică şi teoria extinderii universului.

Date fiind antecedentele generate de vederi înguste, s-ar fi zis că un fizician de succes ca Richard Feynman nu mai poate cădea într-o astfel de capcană. În fermecătoarea lui carte din 1965, *Despre caracterul legilor fizicii*, a declarat:

> *Avem norocul să trăim într-o epocă în care încă se mai fac descoperiri... În epoca în care trăim se fac descoperiri ale legilor fundamentale ale naturii, dar aşa ceva nu se*

va mai repeta. Este încântător, minunat, dar această încântare o să dispară. (Feynman 1994, p. 166)

Nu pretind că am habar când o să vină sfârşitul ştiinţei sau care este el şi nici măcar dacă există vreun astfel de sfârşit. Ştiu doar că specia noastră dă dovadă de mai multă prostie decât ne place să recunoaştem în mod obişnuit. Nu ştiinţa în sine, ci limita facultăţilor noastre mentale este cea care mă face să fiu convins că abia am început să descifrăm universul.

Să presupunem, deocamdată, că oamenii reprezintă cea mai deşteaptă specie de pe Pământ. Dacă, de dragul discuţiei, prin „deşteaptă" înţelegem capacitatea speciei de a face calcule matematice abstracte, atunci am putea presupune că oamenii sunt singura specie deşteaptă care a trăit vreodată.

Care sunt şansele ca această primă şi singură specie deşteaptă din istoria vieţii pe Pământ să fie dotată cu suficientă inteligenţă ca să înţeleagă pe deplin modul în care funcţionează universul? Din punctul de vedere al evoluţiei, cimpanzeii sunt la o aruncătură de băţ de noi, şi, totuşi, oricât ne-am strădui să-l învăţăm, un cimpanzeu n-o să priceapă trigonometrie. Şi acum, imaginaţi-vă o specie pe Pământ – sau în altă parte – care în comparaţie cu noi să fie la fel de deşteaptă cum suntem noi în comparaţie cu cimpanzeii. Cam cât din univers ar putea să înţeleagă?

Cei care au jucat mult „X şi 0" ştiu că regulile jocului sunt suficient de simple pentru a putea câştiga sau remiza de fiecare dată, cu condiţia să ştii cum să începi. Dar copiii joacă acest joc de parcă rezultatul ar fi imposibil de cunoscut. Regulile sunt simple şi clare şi pentru jocul de şah, dar dificultatea de a prezice secvenţa mutărilor viitoare ale adversarului creşte exponenţial pe măsură ce se înaintează în joc. Aşa că adulţii – chiar şi cei deştepţi şi

talentați – sunt fascinați de joc şi îl joacă de parcă rezultatul ar fi un mister.

Să ne întoarcem la Isaac Newton, care, după mine, este unul dintre cei mai deştepți oameni care au trăit până azi. (Nu este doar opinia mea. Placa de pe bustul lui de la Trinity College, din Anglia, poartă inscripția *Qui genus humanum ingenio superavit*, adică, într-o traducere aproximativă din latină, „între toți oamenii, nu există o inteligență mai mare”.) Ce a observat Newton despre nivelul cunoaşterii sale?

> *Nu ştiu cum îi apar eu lumii; dar mie mi se pare că sunt doar un băiețel care se joacă la malul mării şi se bucură atunci când găseşte o pietricică mai fină sau o scoică mai frumoasă decât celelalte, în vreme ce marele ocean al adevărului se întinde nedescoperit în fața mea.* (Brewster 1860, p. 331)

Tabla de şah care este universul nostru ne-a dezvăluit câteva dintre regulile jocului, dar cea mai mare parte a cosmosului încă se comportă misterios, ca şi cum ar mai fi nişte reguli secrete, ascunse, pe care le respectă. Sunt reguli care nu pot fi găsite printre cele din lista alcătuită până astăzi.

Distincția dintre cunoaşterea obiectelor şi a fenomenelor care pot fi studiate în parametrii legilor cunoscute ale fizicii şi cunoaşterea legilor fizicii în sine este esențială pentru orice viziune a faptului că ştiința s-ar putea să aibă un sfârşit. A găsi viață pe Marte sau sub scuturile plutitoare de gheață ale Europei, una dintre lunile planetei Jupiter, ar fi cea mai mare descoperire din toate timpurile. Totuşi, puteți paria pe faptul că fizica şi chimia acelor atomi vor fi aceleaşi ca fizica şi chimia atomilor de pe Pământ. Nu sunt necesare principii noi.

Dar să tragem cu coada ochiului la problemele nerezolvate din culisele astrofizicii moderne, care demască

amploarea şi profunzimea gradului de ignoranţă din zilele noastre. Din câte ştim, pentru soluționarea acestor probleme este nevoie de apariția unor noi domenii în fizică.

Suntem foarte încrezători în teoria care spune că universul îşi are originea în Big Bang, dar nu putem decât să speculăm cu privire la ce se află dincolo de orizontul nostru cosmic, întins până la o distanță de 13,7 miliarde de ani-lumină. Nu putem decât să presupunem ce s-a întâmplat înainte de Big Bang sau de ce acest fenomen s-a produs. Câteva predicții care se situează la limita mecanicii cuantice ar putea fi de acord ca universul nostru aflat în expansiune să fie rezultatul unei fluctuații a spumei spațiu-timp primordiale. Alte fluctuații ar fi putut da naştere unor universuri nenumărate.

La scurtă vreme după Big Bang, când încercăm să facem ordine în sutele de miliarde de galaxii ale universului cu ajutorul calculatorului, nu reuşim să sincronizăm date obținute din observarea unor momente diferite ale universului, fie de la începuturile sale, fie din vremuri mai recente. Descrierea coerentă a formării şi evoluției macrostructurii universului continuă să ne scape. S-ar părea că ne lipsesc câteva elemente-cheie din puzzle.

Legile mişcării şi gravitației propuse de Newton ni s-au părut bune sute de ani, până când am fost nevoiți să le modificăm, după apariția teoriilor despre mişcare şi gravitație ale lui Einstein – teoriile relativității. Iar astăzi, relativitatea exercită o domnie absolută. Mecanica cuantică, descrierea universului nostru atomic şi nuclear, este şi ea la putere. Numai că, aşa cum a fost concepută, teoria gravitației propusă de Einstein nu se poate pune de acord cu mecanica cuantică. Fiecare prezice fenomene diferite în domeniile în care s-ar putea suprapune. Una dintre ele trebuie să se predea. Fie există o parte lipsă în teoria lui Einstein care ne permite să acceptăm principiile mecanicii

cuantice, fie există în teoria cuantică o parte care lipseşte, permiţându-ne să acceptăm teoria gravitaţiei propusă de Einstein.

Poate că mai există o a treia posibilitate: nevoia unei teorii mai largi, incluzive, care să le înlocuiască pe cele două. A fost inventată teoria corzilor, despre care se spune că face exact acest lucru. Încearcă să reducă existenţa materiei, a energiei şi a interacţiunii dintre ele la simpla existenţă a unor corzi de energie care vibrează într-o dimensiune superioară. Diferitele moduri ale acestor vibraţii se înfăţişează în mărunta noastră dimensiune spaţio-temporală sub forma unor particule şi forţe diferite. Chiar dacă are destui adepţi, de mai bine de douăzeci de ani, teoria corzilor se bazează pe presupoziţii aflate dincolo de capacitatea noastră actuală de experimentare care ne-ar permite să facem verificări formale. Deşi scepticismul în privinţa acestei teorii este în creştere, există încă mulţi oameni de ştiinţă care speră.

Încă nu ştim ce forţe sau împrejurări au permis ca materia inertă să dea viaţa pe care o cunoaştem noi. Există vreun mecanism sau vreo lege a autoorganizării chimice care scapă conştiinţei noastre, pentru că nu avem cu ce compara biologia de pe Pământ, deci nu putem evalua ce este esenţial şi ce este irelevant pentru apariţia vieţii?

Ştim, graţie activităţii foarte importante a lui Edwin Hubble din anii 1920, că universul se află în expansiune, dar tocmai am descoperit că această expansiune este accelerată de o forţă antigravitaţională numită „energie întunecată”, pentru înţelegerea căreia nu avem nicio ipoteză de lucru.

Până la urmă, indiferent cât de încrezători am fi în observaţiile, experimentele, datele şi teoriile noastre, trebuie să ne împăcăm cu gândul că 85% din gravitaţia care există în cosmos provine dintr-o sursă necunoscută şi misterioasă

care nu poate fi detectată de mijloacele de observare a universului pe care le-am construit noi. Din ce putem spune în acest moment nu este vorba de materie obişnuită, cum ar fi electronii, protonii şi neutronii, şi nici din vreo formă de materie sau energie care interacţionează cu aceştia. Numim această substanţă fantomatică şi frustrantă „materie întunecată" şi rămâne una dintre cele mai mari necunoscute.

Anunţă ceva din toate astea sfârşitul ştiinţei? Spune ceva din toate astea că suntem stăpâni pe situaţie? Spune ceva din toate astea că a venit vremea să ne felicităm singuri? Mie mi se pare că suntem doar nişte idioţi neajutoraţi, cam aşa cum ar trebui să se simtă şi verişorii noştri, cimpanzeii, când încearcă să înveţe teorema lui Pitagora.

Poate că sunt puţin cam dur cu *Homo sapiens* şi am dus analogia cu cimpanzeul puţin cam departe. S-ar putea ca problema să nu fie cât de deştept este un individ dintr-o specie, ci cât de deşteaptă este abilitatea mentală colectivă a întregii specii. Cu ajutorul conferinţelor, cărţilor şi al altor mijloace – inclusiv al internetului, bineînţeles – oamenii îşi împărtăşesc unii altora descoperirile. În timp ce selecţia naturală stă la baza evoluţiei darwiniene, augmentarea culturii umane urmează în mare măsură un model lamarckian, în care generaţiile noi moştenesc descoperirile generaţiilor trecute, permiţând o acumulare nelimitată de perspective asupra cosmosului.

Fiecare descoperire a ştiinţei adaugă aşadar o nouă treaptă la scara cunoaşterii, al cărei capăt nu se vede, fiindcă o construim pe măsură ce urcăm. După mine, pe măsură ce asamblăm această scară şi urcăm pe ea, o să continuăm întotdeauna să descoperim secrete ale universului – unul câte unul.

SECȚIUNEA I

NATURA CUNOAȘTERII

PROVOCAREA DE A ȘTI CEEA CE ESTE DE ȘTIUT ÎN UNIVERS

1. SĂ NE VENIM ÎN SIMȚIRI

„Înzestrat cu cele cinci simțuri ale sale, omul explorează universul din jur şi numeşte această aventură «ştiință».”
— EDWIN P. HUBBLE (1889-1953), *Natura ştiinței*

Dintre cele cinci simțuri ale noastre, văzul este cel mai important. Ochii ne permit să înregistrăm informații nu doar din încăperea în care ne aflăm, ci şi din univers. Fără văz, ştiința astronomiei nu s-ar fi născut niciodată, iar capacitatea noastră de a ne estima locul în univers ar fi fost extrem de redusă. Gândiți-vă la lilieci. Indiferent ce secrete şi-ar transmite de la o generație la alta, puteți fi siguri că niciunul dintre acestea nu se bazează pe felul în care arată cerul noaptea.

Dacă le considerăm un ansamblu de instrumente experimentale, simțurile noastre se bucură de o acuitate şi de un grad de sensibilitate uimitoare. Urechile noastre pot înregistra lansarea bubuitoare a unei navete spațiale, dar pot să audă şi bâzâitul unui țânțar care zboară la o palmă de noi. Simțul tactil ne permite să simțim amploarea unei mingi de bowling care ne cade pe degetele de la picioare, dar şi să ne dăm seama când un gândac de un miligram ni se cațără pe un braț. Unora dintre noi le place să înfulece ardei iute, în timp ce o limbă sensibilă poate identifica prezența aromelor din mâncare chiar dacă e vorba de o particulă dintr-un milion. Iar ochii pot vedea terenul strălucitor şi nisipos al unei plaje însorite, dar reuşesc să descopere şi dacă cineva aprinde un chibrit la o sută de metri distanță într-o sală întunecată.

Dar înainte de a ne lăsa duşi de valul laudei de sine trebuie să observăm că ceea ce câştigăm prin amploarea gamei simțurilor noastre pierdem când vine vorba de precizia lor: înregistrăm stimulii din realitate în gradații mai degrabă logaritmice decât liniare. De exemplu, dacă sporim energia unui zgomot la un volum cu zece gradații mai

ridicat, urechile noastre vor considera că schimbarea a fost minoră. Dacă e vorba de două gradații, probabil că nici n-o să ne dăm seama. Acelaşi lucru este valabil şi în cazul capacității de a măsura lumina. Dacă ați văzut vreodată o eclipsă totală de Soare, poate v-ați dat seama că discul Soarelui trebuie să fie acoperit de al Lunii în proporție de cel puțin 90% ca să se poată spune că cerul s-a întunecat. Scara de magnitudini ale strălucirii stelare, bine-cunoscuta scară acustică a decibelilor şi scările seismice după care clasificăm cutremurele sunt toate logaritmice, parțial şi pentru că avem o înclinație biologică de a vedea, auzi şi simți lumea în acest fel.

Dar ce se află (dacă se află) dincolo de simțurile noastre? Există o cale de a transcende interfața biologică dintre noi şi mediu?

Să ne gândim că, deşi se pricepe la descifrarea elementelor de bază din mediul înconjurător – detectând dacă e zi sau noapte sau dacă vreo creatură se pregăteşte să ne mănânce –, maşinăria umană nu este prea talentată la descifrarea modului în care funcționează restul naturii dacă nu are la dispoziție instrumentele ştiinței. Dacă vrem să ştim ce se găseşte în natură, avem nevoie de nişte detectori diferiți de cei cu care ne-am născut. Aproape fără excepție, sarcina unui dispozitiv ştiințific este aceea de a depăşi aria de acoperire şi profunzimea simțurilor noastre.

Unii se laudă cu un al şaselea simț, pretinzând că ştiu sau văd lucruri la care alții nu au acces. Ghicitoarele, mediile şi misticii sunt în capul listei celor care pretind că au puteri misterioase. Cu asta stârnesc fascinația celorlalți, mai ales a editorilor de carte şi a producătorilor de televiziune. Domeniul îndoielnic al parapsihologiei este clădit pe aşteptarea ca cel puțin anumiți oameni să aibă astfel de talente. Pentru mine, cel mai misterios lucru cu

putință este motivul pentru care ghicitoarele aleg o carieră în televiziune în loc să se îmbogățească fără limite făcând tranzacții pe Wall Street. „O ghicitoare a câştigat la loterie” – iată un titlu de ştire pe care niciunul dintre noi nu l-a văzut.

Lăsând deoparte acest mister, eşecurile continue ale experimentelor controlate în dublu-orb de a confirma pretențiile parapsihologiei sugerează că avem de-a face mai degrabă cu lipsa de bun-simț decât cu al şaselea simț.

Pe de altă parte, ştiința modernă lucrează cu zeci de simțuri. Iar oamenii de ştiință nu pretind că acestea sunt expresia unor puteri speciale, ci doar că este vorba despre echipamente speciale. Desigur, până la urmă echipamentele convertesc informația culeasă cu ajutorul acestor simțuri în tabele, grafice, diagrame sau imagini pe care simțurile noastre înnăscute le pot interpreta. În serialul original *Star Trek,* echipa care coboară pe o planetă necunoscută aduce cu ea întotdeauna un tricorder – un aparat care poate analiza proprietățile de bază ale tuturor obiectelor din jur, animate sau nu. După ce este trecut prin fața obiectului cu pricina, tricorderul scoate un sunet ciudat care este interpretat de utilizator.

Să presupunem că în fața noastră este o masă strălucitoare de substanță necunoscută. Dacă nu avem un instrument de diagnostic de genul tricorderului, nu ne putem face nicio idee despre compoziția chimică sau nucleară a obiectului respectiv. Nu putem şti nici dacă are un câmp electromagnetic sau dacă emite raze gamma, X sau ultraviolete, microunde sau unde radio. Nu-i putem determina nici structura celulară sau cristalină. Dacă masa aceea s-ar afla la mare distanță, în spațiu, apărându-ne ca un punct instabil de lumină pe cer, cele cinci simțuri ale noastre nu ne-ar permite să aflăm la ce distanță este, cu ce viteză se deplasează sau care este perioada de rotație. Pe deasupra, n-am avea cum să vedem spectrul de culori din

care este compusă lumina pe care o emite şi nici dacă această lumină este polarizată.

Fără echipamente care să ne ajute s-o analizăm şi fără vreun impuls anume de a gusta substanța respectivă nu am putea raporta decât „Căpitane, am găsit o masă diformă". Cu scuzele de rigoare față de Edwin P. Hubble, deşi este pătrunzător şi poetic, citatul din deschiderea acestui capitol ar trebui să sune astfel: „Înzestrați cu cele cinci simțuri ale noastre şi cu telescoape şi microscoape, spectrometre de masă, seismografe, magnetometre, acceleratoare de particule şi detectoare de spectru electromagnetic, explorăm universul din jur şi numim această aventură «ştiință»„.

Gândiți-vă cu cât ni s-ar părea mai bogată lumea şi cu cât am fi descoperit mai devreme natura universului nostru dacă ne-am fi născut cu nişte ochi de înaltă precizie, ajustabili. Am comuta pe undele radio ale spectrului vizual şi cerul din timpul zilei ar deveni întunecat, ca noaptea. Iar acel cer ar fi strălucitor, spuzit de surse de unde radio, precum centrul Căii Lactee, situat dincolo de principalele stele din constelația Săgetătorului. Dacă am comuta pe microunde, întregul cosmos ar străluci de rămăşițele universului primordial, un perete de lumină ridicat la 380 000 de ani după Big Bang. Am comuta pe raze X şi am descoperi imediat unde se află găurile negre, cu spiralele de materie pe care o atrag. Am comuta pe raze gamma şi am vedea în tot universul explozii gigantice, aproximativ una în fiecare zi. Am urmări efectul exploziei asupra materiei din jur, care se încinge şi străluceşte, formând alte dâre de lumină.

Dacă ne-am fi născut cu detectori magnetici, busola nu ar mai fi fost niciodată inventată, pentru că n-am fi avut nevoie de ea. Am fi comutat pe câmpul magnetic al Pământului şi direcția nordului magnetic ar fi strălucit imediat la orizont. Dacă am fi avut în retină analizatoare de

spectru, n-ar mai fi trebuit să ne facem griji pentru ce respirăm. O simplă privire aruncată asupra datelor ne-ar fi spus dacă aerul are suficient oxigen pentru a permite viața umană. Şi am fi aflat acum mii de ani că stelele şi nebuloasele din Calea Lactee sunt compuse din aceleaşi elemente chimice care se găsesc aici, pe Pământ.

Iar dacă ne-am fi născut cu nişte ochi mari şi cu detectoare de mişcare Doppler, am fi văzut imediat, chiar din stadiul de oameni ai peşterii, că universul este în expansiune, iar galaxiile aflate la mare distanță se îndepărtează de noi.

Dacă ochii noştri ar fi avut puterea de mărire a unui microscop de înaltă performanță, nimeni n-ar mai fi dat vina pe mânia divinității pentru ciumă şi alte boli. Am putea vedea fojgăind în mâncare şi în rănile noastre bacteriile şi virusurile care ne fac rău. După câteva experimente foarte simple ne-am da seama care dintre ele sunt bune şi care ne fac rău. Iar problema infecțiilor postoperatorii ar fi fost identificată şi rezolvată acum sute de ani.

Dacă am putea detecta particulele de înaltă energie, am reuşi să reperăm de la mare distanță substanțele radioactive, fără ajutorul unui contor Geiger. Am putea vedea gazul radon din subsolul casei şi nu ar mai trebui să plătim pe cineva ca să ne spună dacă există sau nu.

Ascuțirea simțurilor noastre pe măsură ce creştem ne permite, ca adulți, să emitem judecăți despre evenimente şi fenomene din viața noastră şi să stabilim dacă au sau nu logică. Problema este că numai câteva descoperiri ştiințifice din ultimul secol au fost făcute ca urmare a folosirii nemijlocite a simțurilor noastre. Au izvorât mai degrabă din utilizarea directă a instrumentelor matematicii şi a echipamentelor care transcend simțurile. Acesta este şi motivul pentru care omul obişnuit nu înțelege relativitatea,

fizica particulelor şi teoria corzilor pentru un spaţiu cu zece dimensiuni. În aceeaşi listă mai intră şi găurile negre, găurile de vierme şi Big Bangul. De fapt, aceste idei nu au prea multă logică nici pentru oamenii de ştiinţă, cel puţin nu înainte de a fi explorat universul multă vreme cu ajutorul tuturor simţurilor pe care tehnologia ni le pune la dispoziţie. În cele din urmă, rezultatul o să fie un nou nivel de „bun-simţ", mai înalt, care să-i permită omului de ştiinţă să gândească creativ şi să emită judecăţi cu privire la neobişnuita lume subterană a atomilor sau la domeniul năucitor al spaţiului cu un număr mare de dimensiuni. Fizicianul german Max Planck a făcut o astfel de observaţie cu privire la descoperirea mecanicii cuantice:

> *Fizica modernă ne impresionează mai ales prin adevărul vechii doctrine care ne învaţă că există realităţi pe care nu le putem percepe senzorial şi că există probleme şi conflicte în care aceste realităţi au pentru noi o valoare mai mare decât cele mai mari comori ale lumii experienţei.* (1931, p. 107)

Cele cinci simţuri ale noastre afectează chiar şi răspunsurile raţionale la întrebări metafizice stupide cum ar fi „Dacă un copac se prăbuşeşte în pădure când nu este nimeni în preajmă, scoate vreun sunet?". Răspunsul meu este „De unde ştiţi că s-a prăbuşit?". Dar nu face decât să-l înfurie pe interlocutor. Aşa că vin cu o analogie lipsită de sens. „Întrebare: Dacă nu putem mirosi monoxidul de carbon, atunci de unde ştim că există? Răspuns: Pentru că murim." În vremurile noastre ne aşteaptă o viaţă foarte nesigură dacă nu ne putem baza pentru măsurarea lucrurilor din jur decât pe cele cinci simţuri ale noastre.

Descoperirea unor noi metode de cunoaştere a deschis întotdeauna ferestre noi către univers, exploatând lista tot mai lungă a simţurilor nonbiologice. Ori de câte ori se

întâmplă asta, un nou nivel de măreție şi complexitate a universului se dezvăluie în fața noastră. Este ca şi cum am evolua tehnologic la stadiul de ființe suprasenzoriale, venindu-ne tot timpul în simțiri.

2. PRECUM ÎN CER, AŞA ŞI PE PĂMÂNT

Înainte ca Isaac Newton să scrie despre legea atracției universale nu aveam motive să presupunem că legile fizicii de pe Pământ sunt aceleaşi ca în orice alt punct din univers. Pământul funcționa după reguli pământeşti, iar în ceruri se aplicau reguli cereşti. Mulți învățați ai timpurilor acelora considerau că tainele cerurilor sunt mai presus de mintea noastră limitată de muritori. Aşa cum se arată mai detaliat în Secțiunea a şaptea, când Newton a trecut dincolo de această barieră filosofică, făcând ca toată mişcarea să fie inteligibilă şi previzibilă, unii teologi i-au reproşat că nu-i mai lasă nimic de făcut Demiurgului. Newton a înțeles că forța gravitațională care face merele coapte să cadă din pom este aceeaşi care ghidează obiectele cereşti pe traiectoriile lor curbe şi face Luna să graviteze în jurul Pământului. Legea atracției universale ghidează planetele, asteroizii şi cometele pe traiectoriile lor din jurul Soarelui şi ține pe orbită în Calea Lactee sute de miliarde de stele.

Universalitatea legilor fizicii este cel mai bun impuls pentru descoperirile ştiințifice. Iar gravitația a fost doar începutul. Imaginați-vă cât de încântați au fost astronomii secolului al XIX-lea când au îndreptat pentru prima oară spre Soare prismele de laborator care descompun lumina în spectrul de culori. Acesta nu este doar frumos. El conține şi foarte multe informații despre obiectul care emite lumina, inclusiv temperatura şi compoziția acestuia. Elementele chimice sunt revelate de tiparul coloristic unic al fâşiilor luminoase sau întunecate care traversează spectrul. Spre încântarea şi amuzamentul oamenilor, tiparul spectral al Soarelui este identic cu cel obținut în laborator, pe Pământ. Prisma nu mai este o unealtă care aparține exclusiv chimiştilor şi ne arată că, în ciuda diferențelor de dimensiune, masă, temperatură, poziție şi aspect, Soarele şi Pământul au aceeaşi compoziție chimică: hidrogen, carbon, oxigen, nitrogen, calciu, fier ş.a.m.d. Dar mai importantă

decât lunga listă de ingrediente comune a fost descoperirea faptului că legile fizicii care au condus la formarea tiparului spectral al Soarelui sunt aceleaşi ca şi pe Pământ, la 150 de milioane de kilometri distanţă.

Acest concept al universalităţii s-a dovedit atât de rodnic, încât a fost aplicat şi invers. O analiză mai aprofundată a spectrului solar a dat la iveală tiparul unui element care nu are un echivalent pe Pământ. Aparţinând Soarelui, noua substanţă a primit un nume derivat din cuvântul grecesc *Helios* („Soarele"). Abia mai târziu a fost descoperit şi în laborator. Astfel, heliul a devenit primul şi singurul element din tabelul periodic al elementelor chimice care a fost descoperit în altă parte decât pe Pământ.

OK, legile fizicii funcţionează în sistemul solar, dar funcţionează şi în restul galaxiei? În tot universul? Se aplică timpului însuşi? Au fost testate, pas cu pas. Stelele din apropiere au dat la iveală aceleaşi elemente chimice. S-ar părea că stelele binare îndepărtate, care gravitează în jurul unui centru comun de masă, ştiu totul despre legile atracţiei ale lui Newton. Şi cumva acelaşi lucru se poate spune şi despre galaxiile binare.

La fel cum geologii pot citi în straturile de sedimente, cu cât privim mai departe, cu atât putem vedea mai înapoi în timp. Spectrele celor mai multe obiecte îndepărtate din univers arată aceeaşi compoziţie chimică pe care am descoperit-o în alte părţi. E adevărat că elementele grele erau mai puţin abundente pe atunci – au apărut în principal ca rezultat al unor întregi generaţii consecutive de stele care au explodat – dar legile care descriu procesul atomic şi molecular care a generat aceste tipare spectrale rămân aceleaşi.

Bineînţeles, nu toate lucrurile şi fenomenele din cosmos au un echivalent pe Pământ. Nu cred că v-aţi plimbat

vreodată printr-un nor strălucitor de plasmă cu o temperatură de milioane de grade şi nici că aţi dat peste vreo gaură neagră mergând pe stradă. Importantă este universalitatea legilor fizicii care descriu aceste fenomene. Când analiza spectrală a fost aplicată pentru prima oară luminii emise de nebuloasele interstelare, a apărut un alt element care nu avea un echivalent pe Pământ. Dar tabloul lui Mendeleev nu mai avea casete lipsă. Când s-a descoperit heliul, mai erau câteva. Aşa că, până când şi-au dat seama ce se întâmplă, astrofizicienii i-au pus numele „nebuliu". Se pare că în spaţiu nebuloasele gazoase sunt atât de rarefiate, încât atomii parcurg distanţe lungi fără a intra în coliziune unul cu altul. În aceste condiţii, în interiorul lor electronii pot face lucruri care nu se pot vedea în laboratoarele de pe Pământ. Nebuliul era pur şi simplu oxigenul obişnuit, care făcea însă nişte lucruri extraordinare.

Universalitatea legilor fizicii ne spune că, dacă vom ateriza pe o planetă cu o civilizaţie extraterestră înfloritoare, aceasta va funcţiona conform aceloraşi legi descoperite şi testate de noi aici, pe Pământ, chiar dacă extratereştrii ar avea convingeri politice şi sociale diferite. Mai mult, dacă am vrea să vorbim cu ei, putem fi siguri că nu vorbesc engleza sau franceza, sau vreun dialect din China. N-o să ştim dacă încercarea de a le întinde mâna – în cazul în care au şi ei mâini – este considerată un act pacifist sau războinic. Putem spera doar să găsim o cale de comunicare prin limbajul ştiinţei.

O astfel de încercare a fost făcută în anii 1970 de sondele spaţiale Pioneer 10 şi 11 şi Voyager 1 şi 2, singurele care au avut o viteză suficient de mare pentru a scăpa de atracţia sistemului nostru solar. Sondele Pioneer purtau câte o placă aurită pe care erau inscripţionate schiţa sistemului nostru solar şi poziţia noastră în Calea Lactee, alături de structura unui atom de hidrogen. Sondele

Voyager au făcut un pas mai departe, având la bord diverse sunete de pe Pământ, printre care zgomotul bătăilor inimii, „cântecul” balenelor şi selecţii muzicale din compoziţiile lui Beethoven şi Chuck Berry. Chiar dacă mesajul a fost umanizat, nu ne putem da seama dacă extratereştrii şi-ar putea da seama ce ascultă, presupunând că au urechi. Parodia mea favorită după acest gest a fost o scenetă din emisiunea *Saturday Night Live*, difuzată la puţină vreme după lansarea sondelor Voyager. NASA primeşte un răspuns de la extratereştrii care au găsit sonda. Un bilet pe care scrie: „Mai trimiteţi nişte Chuck Berry”.

Aşa cum vom vedea mai amănunţit în Secţiunea a treia, ştiinţa a înflorit nu doar ca urmare a universalităţii legilor fizicii, ci şi datorită existenţei şi persistenţei constantelor fizice. Constanta gravitaţională, cunoscută de mulţi oameni de ştiinţă ca „marele G”, conferă ecuaţiei gravitaţionale newtoniene o măsură a dimensiunii forţei şi a fost testată implicit pentru a se vedea care este variaţia ei de-a lungul unor lungi perioade de timp. Făcând socotelile, putem determina faptul că luminozitatea unei stele este strict dependentă de „marele G”. Cu alte cuvinte, dacă această constantă ar fi fost uşor diferită în trecut, atunci fluxul de energie solară ar fi fost mult mai diferit decât o arată toate datele biologice, climatologice sau geologice. De fapt, nu se cunoaşte nicio constantă fundamentală dependentă de timp sau de loc – se pare că sunt cu adevărat constante.

Aşa funcţionează universul nostru.

Dintre toate constantele, viteza luminii este cu siguranţă cea mai celebră. Indiferent cât de repede aţi merge, nu veţi putea depăşi niciodată o rază de lumină. De ce nu? Niciun experiment nu a reuşit să descopere vreun obiect care să atingă viteza luminii. Legile bine testate ale fizicii dau o explicaţie pentru acest lucru. Astfel de afirmaţii

par să fie dovada unei îngustimi a minții. Ce-i drept, ingenuitatea inventatorilor şi inginerilor a fost subestimată în trecut de multe afirmații stânjenitoare cu pretenții ştiințifice: „N-o să zburăm niciodată". „Zborul nu va fi niciodată profitabil economic." „N-o să zburăm niciodată mai repede decât sunetul." „N-o să reuşim niciodată fisiunea nucleară." „N-o să ajungem niciodată pe Lună." Le-ați auzit. Punctul lor comun este acela că nicio lege a fizicii nu le-a stat în cale.

Afirmația „N-o să depăşim niciodată o rază de lumină" este o predicție de o cu totul altă natură. Ea decurge din principii fizice de bază, testate în timp. Nu ne putem îndoi de asta. Panourile de circulație de pe autostrăzile parcurse de călătorii interstelari ai viitorului vor arăta astfel:

Viteza luminii
Nu este doar o idee bună,
ci legea însăşi.

Partea bună în privința legilor fizicii este aceea că nu au nevoie de vreo putere care să se asigure că sunt respectate, deşi am avut odată un tricou pe care scria „SUPUNE-TE GRAVITAȚIEI".

Multe fenomene naturale reflectă suprapunerea mai multor legi ale fizicii care operează în acelaşi timp. Adesea acest fapt complică analiza şi, în cele mai multe cazuri, impune folosirea unor superputeri de calcul care să poată ține evidența parametrilor importanți. Când cometa Shoemaker Levy 9 a intrat în atmosfera gazoasă a lui Jupiter şi apoi a explodat, în 1994, cel mai precis model computerizat a ceea ce avea să se petreacă a combinat legile mecanicii fluidelor, termodinamicii, cinematicii şi gravitației. Clima şi starea vremii reprezintă alte exemple bune de fenomene complicate (şi greu de prezis). Dar legile de bază care le guvernează sunt aceleaşi. Marea Pată Roşie a lui

Jupiter, un anticiclon furios care a devenit tot mai puternic în ultimii 350 de ani, acționează conform aceloraşi procese fizice care generează furtunile de pe Pământ şi din alte părți ale sistemului solar.

Legile conservării, care spun că o cantitate măsurată rămâne aceeaşi *indiferent ce s-ar întâmpla*, reprezintă o altă clasă de adevăruri universale. Trei cele mai importante dintre acestea vizează conservarea masei şi energiei, conservarea momentului liniar şi unghiular şi conservarea sarcinii electrice. Aceste legi sunt evidente pe Pământ şi oriunde altundeva ne-am uita în univers – de la domeniul particulelor elementare până la structura uriaşă a universului.

În ciuda afirmațiilor pompoase, în paradis nu este totul perfect. Aşa cum am mai spus, nu putem vedea, atinge sau gusta sursa a 85% din gravitația prezentă în univers. Această misterioasă materie întunecată, pe care o putem detecta doar după forța gravitațională exercitată asupra materiei pe care o vedem, ar putea fi compusă din particule pe care nu le-am descoperit sau identificat încă. Totuşi, un mic grup de astrofizicieni nu sunt convinşi de asta şi au sugerat că materia întunecată nu există, ci că trebuie să modificăm pur şi simplu legea newtoniană a atracției. Totul ar fi clar dacă am mai adăuga ecuației câteva componente.

Poate că într-o zi o să ne dăm seama că legea lui Newton are într-adevăr nevoie de o ajustare. N-ar fi nicio problemă dacă lucrurile ar sta aşa. S-a mai întâmplat o dată. În 1916, Albert Einstein şi-a publicat teoria generală a relativității, prin care reformula principiile gravitației într-un mod aplicabil obiectelor cu o masă extrem de mare, un tărâm necunoscut pentru Newton, în care legea lui nu mai funcționa. Ce lecție trebuie să învățăm din asta? Încrederea noastră trebuie să fie dată de varietatea condițiilor în care a

fost testată şi verificată o lege. Cu cât este mai cuprinzătoare această varietate, cu atât devine mai puternică legea în efortul nostru de a descrie cosmosul. Pentru gravitația obişnuită, casnică, legea lui Newton este perfect valabilă. Pentru găurile negre şi macrostructura universului avem nevoie de relativitatea generală. Fiecare funcționează fără erori în propriul domeniu, oriunde s-ar situa domeniul respectiv în univers.

Pentru omul de ştiință, universalitatea legilor fizicii îi conferă cosmosului o minunată simplitate. Prin comparație, natura umană – domeniul psihologiei – este infinit mai descurajatoare. În America, materiile predate la clasă sunt votate de consiliul şcolii, şi în unele cazuri voturile sunt date în funcție de toanele sociale şi politice sau de filosofiile religioase. În lumea întreagă, diferitele convingeri conduc la divergențe politice care nu sunt rezolvate întotdeauna pe cale paşnică. Unii o iau razna. Trăsătura remarcabilă a legilor fizicii este aceea că se aplică peste tot, indiferent de convingerile noastre. Dincolo de aceste legi, orice altceva înseamnă a-ți da cu părerea.

Nu că oamenii de ştiință nu ar avea dispute. Avem. O mulțime. Totuşi, când avem opinii divergente este vorba de obicei de părerea noastră despre interpretarea unor date mărunte de la frontierele cunoaşterii. Oriunde şi oricând se poate invoca o lege a fizicii, dezbaterea este cu siguranță scurtă: Nu, ideea dumneavoastră de maşinărie care să se mişte perpetuu n-are cum să funcționeze – încalcă legile termodinamicii. Nu, nu puteți construi o maşină a timpului care să vă permită întoarcerea în trecut pentru a o omorî pe mama dumneavoastră înainte de a vă fi născut – încalcă legile cauzalității. Iar fără încălcarea legilor mişcării nu puteți levita spontan, plutind deasupra pământului, indiferent dacă stați sau nu în poziția lotus. Cu toate că, în

principiu, ați putea face o astfel de cascadorie dacă ați reuși să produceți o flatulență puternică și susținută.

În unele cazuri, cunoașterea legilor fizicii vă poate da încredere în confruntarea cu persoanele arogante. Acum câțiva ani beam o ceașcă de cacao fierbinte într-un bar din Pasadena, California. Comandasem una cu frișcă, bineînțeles. Când am primit-o, nu era nici urmă de frișcă. După ce i-am spus că mi-a dat cacao simplă, chelnerul mi-a răspuns că frișca nu se vede pentru că s-a dus la fund. Dat fiind că frișca are o densitate mai mică și plutește deasupra oricăruia dintre lichidele pe care le consumă oamenii, am lăsat la alegerea chelnerului una din două explicații: fie cineva a uitat să pună frișcă în ceașca mea, fie legile universale ale fizicii erau altele în restaurantul respectiv. Nu prea convins, a venit cu un bulgăre de frișcă, să facă o încercare. După ce a pus puțină în ceașcă, frișca a rămas la suprafață.

Ce dovadă ar fi putut fi mai bună pentru universalitatea legilor fizicii?

3. SĂ VEZI ŞI SĂ NU CREZI

Universul pare să fie într-un fel, dar în realitate lucrurile stau în alt fel, şi asta într-o asemenea măsură încât uneori mă întreb dacă nu cumva există vreo conspiraţie croită anume ca să-i facă de râs pe astrofizicieni. Lumea e plină de astfel de exemple de caraghioslâcuri cosmice.

În vremurile moderne suntem convinşi că trăim pe o planetă sferică. Dar mii de ani gânditorii au considerat că Pământul este plat. Uitaţi-vă în jur. Fără imaginile din satelit v-ar fi greu să credeţi că Pământul nu este plat, chiar dacă l-aţi privi din avion. Această proprietate a Pământului se aplică şi tuturor suprafeţelor plate ale geometriei non-euclidiene: o regiune suficient de mică din orice suprafaţă curbată nu poate fi deosebită de un plan. Cu mulţi ani în urmă, când oamenii nu călătoreau prea departe de locul în care se năşteau, ideea Pământului plat susţinea perspectiva mulţumitoare pentru vanitate a situării locului de baştină în centrul suprafeţei Pământului. Toate punctele de la orizont (marginea lumii) erau situate la o distanţă egală de noi. Aşa cum era de aşteptat, aproape toate hărţile Pământului plat pun în mijloc civilizaţia în care au fost alcătuite acestea.

Acum priviţi în sus. Fără ajutorul unui telescop nu puteţi spune cât de departe sunt stelele. Îşi păstrează locul, răsărind şi apunând ca şi cum ar fi lipite pe suprafaţa interioară întunecată a unui castron răsturnat cu gura în jos. De ce n-am presupune că toate stelele sunt la distanţă egală de Pământ, oricare ar fi aceasta?

Adevărul este că lucrurile nu stau aşa. Şi, bineînţeles, nu există niciun castron. Să acceptăm că stelele sunt împrăştiate prin spaţiu, încolo şi-ncoace. Dar cât de mult sau puţin înseamnă încolo şi încoace? Pentru ochiul liber, cele mai strălucitoare stele sunt de sute de ori mai strălucitoare decât cele mai palide. Aşa că cele palide sunt, evident, de sute de ori mai îndepărtate, nu?

Nu.

Acest argument presupune cu multă îndrăzneală că stelele strălucesc la fel, aşa încât cele mai apropiate sunt mai strălucitoare decât cele mai îndepărtate. Totuşi, stelele au o gamă a luminozităţii uimitor de largă, care se întinde pe zece ordine de magnitudine – zece puteri ale lui 10. Aşa că nu e obligatoriu ca cele mai strălucitoare să fie cele mai apropiate de Pământ. De fapt, majoritatea stelelor pe care le vedeţi noaptea pe cer sunt din cele cu luminozitate foarte ridicată şi care se află la distanţe extraordinar de mari.

Dacă cele mai multe dintre stelele pe care le vedem sunt foarte luminoase, atunci cu siguranţă cele mai multe stele din galaxie sunt aşa.

Nici acest lucru nu este adevărat.

Stelele cu luminozitate foarte mare sunt cele mai rare. În orice spaţiu dat ele sunt de o mie de ori mai puţin numeroase decât cele cu luminozitate scăzută. Ceea ce ne permite să le vedem în asemenea întinderi spaţiale este producţia lor extraordinară de energie.

Să presupunem că două stele emit lumină la acelaşi nivel (ceea ce înseamnă că au aceeaşi luminozitate), dar una este de o sută de ori mai departe de noi decât cealaltă. Am putea crede că este de o sută de ori mai puţin strălucitoare. Nu. Ar fi prea simplu. De fapt, intensitatea luminii scade proporţional cu pătratul distanţei. Aşa că, în cazul nostru, steaua mai îndepărtată este de zece mii de ori (100^2) mai puţin luminoasă decât cea mai apropiată. Aplicarea acestei legi a „pătratului distanţei” este pur geometrică. Când este împrăştiată în toate părţile, lumina este diluată de spaţiul sub forma unei sfere în expansiune prin care se mişcă. Suprafaţa acestei sfere creşte proporţional cu pătratul razei (poate vă amintiţi formula ariei cercului – $4\pi r^2$), forţând intensitatea luminii să se diminueze în aceeaşi proporţie.

Aşadar, stelele nu se află la aceeaşi distanţă de noi, nu sunt la fel de luminoase, iar cele pe care le vedem nu sunt deloc reprezentative. Dar cu siguranţă sunt staţionare în spaţiu. Milenii întregi oamenii au considerat că stelele sunt „fixe”, concept evident în surse influente precum Biblia („Şi le-a pus Dumnezeu pe tăria cerului, ca să lumineze pământul”, *Facerea*, 1:17) sau *Tratatul* scris de Ptolemeu pe la jumătatea secolului al II-lea d.Hr., în care susţine cu tărie şi foarte convingător că nu există nicio mişcare a stelelor.

Pe scurt, dacă acceptăm mişcarea individuală a corpurilor cereşti, atunci distanţele măsurate de la Pământ la ele trebuie să varieze. Asta ar face ca şi mărimea, luminozitatea şi distanţele relative faţă de alte stele să varieze de la un an la altul. Dar nu putem observa astfel de variaţii. De ce? Pur şi simplu nu am aşteptat suficient de mult. Edmond Halley (cel de la care vine numele cometei) a fost primul care şi-a dat seama că stelele se mişcă. În 1718 a comparat poziţiile „moderne” ale stelelor cu cele de pe hărţile alcătuite de astronomul grec Hipparh în secolul al II-lea î.Hr. Halley nu s-a îndoit de acurateţea hărţilor lui Hipparh şi, în acelaşi timp, a putut să compare poziţiile stelelor după mai bine de optsprezece secole. A observat imediat că steaua Arcturus nu mai era unde fusese cândva. Steaua se mişcase, într-adevăr, dar nu suficient pentru ca această deplasare să poată fi observată într-o viaţă de om fără ajutorul telescopului.

Dintre toate obiectele de pe cer, şapte nu au fost considerate niciodată fixe. Păreau să rătăcească pe cerul înstelat, aşa că grecii le-au denumit *planetes* – „rătăcitoare”. Le cunoaşteţi pe toate şapte: Mercur, Venus, Marte, Jupiter, Saturn, Soarele şi Luna (numele zilelor săptămânii sunt derivate ale lor). Încă din vechime se considera, în mod corect, că aceste rătăcitoare sunt mai aproape de Pământ

decât stelele, dar se mai considera şi că se învârt în jurul Pământului, care se află în centru.

Aristarh din Samos este primul care a propus teoria unui univers heliocentric, în secolul al III-lea î.Hr. Dar pe vremea aceea era evident pentru toţi cei interesaţi că, indiferent cât de complicate ar fi mişcările lor, planetele şi toate stelele de fundal se învârt în jurul Pământului. Dacă Pământul s-ar fi mişcat, cu siguranţă am fi simţit-o. Printre argumentele la ordinea zilei se numărau:

- Dacă Pământul s-ar roti în jurul unei axe ori s-ar deplasa în spaţiu, norii de pe cer şi păsările aflate în zbor n-ar rămâne în urmă? (Nu rămân.)
- Dacă sari pe verticală, nu ar trebui să aterizezi într-un alt punct, de vreme ce sub tine Pământul s-a deplasat? (Nu aterizezi în alt loc.)
- Dacă Pământul s-ar roti în jurul Soarelui, unghiul în care vedem stelele nu s-ar schimba încontinuu, aşa încât să vedem stelele în alte poziţii pe cer? (Nu se schimbă. Cel puţin nu vizibil.)

Probele pentru cei care negau mişcarea erau convingătoare. În primele două cazuri, opera lui Galileo Galilei avea să demonstreze mai târziu că, atunci când eşti în aer, te mişti odată cu atmosfera şi tot ce este în jur, respectând mişcările de rotaţie şi revoluţie ale Pământului. Din acelaşi motiv, dacă staţi pe culoar într-un avion şi săriţi în sus, nu o să fiţi catapultat în spate, izbindu-vă de uşa toaletei. În ultimul caz, raţionamentul nu este defectuos, numai că stelele sunt atât de îndepărtate, încât este nevoie de un telescop pentru a observa deplasarea lor într-un interval de timp scurt. Această deplasare avea să fie măsurată abia în 1838 de astronomul german Friedrich Wilhelm Bessel.

Universul geocentric a devenit fundament al *Tratatului* lui Ptolemeu, iar această idee a rămas în conştiinţa culturală, ştiinţifică şi religioasă până în 1543, când, în *De revolutionibus*, Copernic a plasat Soarele în centrul universului cunoscut, nu Pământul. Temându-se că o astfel de erezie va inflama aparatul de stat, Andreas Osiander, un teolog protestant care a văzut şpalturile lucrării, a adăugat o prefaţă neautorizată şi nesemnată, în care spunea:

> *Nu mă îndoiesc că ipoteza acum larg răspândită a acestei lucrări – care spune că Pământul se mişcă şi că Soarele stă nemişcat în centrul universului – va şoca anumiţi învăţaţi... Aceste ipoteze nu sunt neapărat adevărate, nu sunt nici măcar probabile, dar este suficient faptul că ele oferă calcule care sunt conforme cu observaţiile.* (1999, p. 12)

Copernic însuşi era conştient de supărările pe care avea să le provoace. I-a dedicat cartea Papei Paul al III-lea. Iată un fragment din dedicaţie:

> *Îmi dau seama foarte bine, Sfinte Părinte, că, de îndată ce-şi vor da seama că în scrierea mea despre mişcările de revoluţie ale sferelor universului atribui anumite mişcări globului pământesc, unii o să cearcă să fiu fluierat şi alungat de pe scenă pentru astfel de opinii.* (1999, p. 23)

Dar, la puţină vreme după ce fabricantul olandez de lentile Hans Lippershey a inventat telescopul, în 1608, Galileo, folosind un telescop făcut de el, a observat că Venus trece prin anumite faze şi că există patru luni care gravitează în jurul lui Jupiter, nu în jurul Pământului. Acestea şi alte observaţii asemănătoare au reprezentat cuiele bătute în sicriul geocentrismului, făcând din universul heliocentric propus de Copernic un concept tot

mai convingător. De vreme ce Pământul nu mai ocupa un loc unic în cosmos, a început oficial revoluția copernicană, bazată pe principiul că nu avem o poziție specială.

După ce am aşezat Pământul pe orbita lui din jurul Soarelui, alături de fraţii săi planetari, unde trebuia aşezat Soarele? În centrul universului? În niciun caz. Nimeni nu voia să repete greşeala. Ar fi contrazis proaspătul principiu copernican. Dar să cercetăm puțin, ca să ne asigurăm.

Dacă sistemul solar ar fi în centrul universului, atunci, indiferent ce punct de pe cer am privi, am vedea aproximativ acelaşi număr de stele. Dar dacă acest sistem ar fi într-o parte oarecare, ar trebui să vedem o concentrație mai mare de stele într-o anumită direcție – spre centrul universului.

În 1785, după ce a calculat poziția stelelor pe cer şi a estimat distanțele până la ele, astronomul englez Sir William Herschel a tras concluzia că sistemul nostru solar se află într-adevăr în centrul cosmosului. După ceva mai bine de un secol, astronomul olandez Jacobus Cornelius Kapteyn a încercat să verifice o dată pentru totdeauna – folosind cele mai bune metode pentru calcularea distanțelor – poziția sistemului solar în galaxie. Văzută prin telescop, fâşia luminoasă numită Calea Lactee pare o concentrație de stele. Calcularea atentă a pozițiilor acestora şi a distanțelor dintre ele arată că există cam acelaşi număr de stele în toate direcțiile de-a lungul acestei fâşii. Deasupra şi dedesubt, concentrația de stele scade simetric. Indiferent în ce direcție am privi pe cer, numărul lor scade la fel cum se întâmplă în direcția diametral opusă. Kapteyn a petrecut douăzeci de ani alcătuind o hartă a cerului care, bineînțeles, aşeza sistemul nostru solar în zona centrală a universului. Nu eram chiar în centru, dar ne aflam suficient de aproape pentru a ne mândri cu poziția noastră în spațiu.

Barbaria cosmică a continuat.

La acea vreme nimeni – şi mai ales Kapteyn – nu şi-a dat seama că marginile Căii Lactee nu se întind până la capătul universului. Calea Lactee are foarte mulţi nori de gaz şi praf care absorb lumina emisă de obiectele din spatele lor. Dacă ne uităm spre Calea Lactee, peste 99% dintre stelele pe care ar trebui să le vedem ne sunt ascunse privirii de norii de gaz din galaxia noastră. A presupune că Pământul se afla aproape de centrul Căii Lactee (universul cunoscut pe atunci) era ca şi cum ai intra într-o pădure mare şi deasă şi, după câteva zeci de paşi, ai susţine că ai ajuns în centru, doar pentru că în toate direcţiile se află acelaşi număr de copaci.

În 1920 – înainte însă ca problema absorbţiei luminii să fie bine înţeleasă – Harlow Shapley, care avea să devină director al Observatorului Harvard, a studiat dispunerea în spaţiu a roiurilor globulare din Calea Lactee. Roiurile globulare sunt concentrări de până la un milion de stele şi pot fi văzute cu uşurinţă în regiunile de deasupra şi de dedesubtul Căii Lactee, unde lumina este foarte puţin absorbită. Shapley s-a gândit că aceste roiuri gigantice ar trebui să-i permită să stabilească centrul universului – un punct care, în fond, trebuia să aibă, cu siguranţă, cea mai mare concentrare de masă şi cea mai puternică gravitaţie. Datele lui Shapley au arătat că sistemul nostru solar nu este deloc aproape de centrul de distribuţie al roiurilor globulare, aşa că nu este aproape de centrul universului cunoscut. Unde putea fi acest loc deosebit? La şaizeci de mii de ani-lumină, aproximativ în direcţia constelaţiei Săgetător, dar mult mai departe.

Distanţele calculate de Shapley erau prea mari, mai mult decât duble, dar a avut dreptate în ce priveşte centrul sistemului de roiuri globulare. Coincide cu ceea ce s-a descoperit mai târziu ca fiind cea mai puternică sursă de unde radio de pe cerul nopţii. (Undele radio nu sunt

atenuate de praf şi gaz.) În cele din urmă, astrofizicienii au identificat locul cu cea mai puternică emisie radio – centrul galaxiei Calea Lactee, dar nu înainte de alte două episoade „să vezi şi să nu crezi”.

Principiul copernican a triumfat încă o dată. Sistemul solar nu era centrul universului cunoscut, ci o suburbie îndepărtată. Chiar şi pentru cei sensibili, aşa ceva era încă în regulă. Eram siguri că sistemul vast de stele şi nebuloase din care făceam parte reprezenta întregul univers. Eram siguri că ne aflăm în centrul acțiunii.

Nici vorbă.

Cele mai multe nebuloase de pe cerul nopții sunt ca nişte universuri insulare, aşa cum inspirat au speculat în secolul al XVIII-lea câțiva învățați, printre care filosoful suedez Emanuel Swedenborg, astronomul englez Thomas Wright şi filosoful german Immanuel Kant. De exemplu, în *An Original Theory of the Universe* (1750), Wright speculează pe tema infinității spațiului, plin de sisteme stelare înrudite cu Calea Lactee:

> *Am putea concluziona... că, aşa cum Creația vizibilă este, conform presupunerilor noastre, plină de sisteme stelare şi lumi planetare... imensitatea nesfârşită este un ansamblu nelimitat de Creații nu foarte diferite de Universul cunoscut... Este foarte probabil ca lucrurile să stea chiar aşa, şi într-o mare măsură ne demonstrează asta numeroasele zone noroase foarte depărtate de zona noastră stelară, pe care abia le percepem şi în care, deşi există spații luminoase vizibile, nu putem distinge vreo stea sau vreun alt corp ceresc; după toate probabilitățile, acestea ar putea fi Creații externe, învecinate cu cea cunoscută, prea îndepărtate pentru telescoapele noastre.* (p. 177)

„Zonele noroase” ale lui Wright sunt de fapt grupări de sute de miliarde de stele situate la distanțe mari şi vizibile mai ales deasupra şi dedesubtul Căii Lactee. Restul nebuloaselor s-au dovedit a fi nori gazoşi apropiați, relativ mici, care se găsesc mai ales în fâşia Căii Lactee.

Faptul că galaxia noastră este doar una în mulțimea celor care alcătuiesc universul a reprezentat una dintre cele mai importante descoperiri din istoria ştiinței, chiar dacă, din nou, ne-a făcut să ne simțim nesemnificativi. Astronomul care a comis această ofensă a fost Edwin Hubble, al cărui nume este purtat de Telescopul Spațial Hubble. Dovezile în sprijinul acestei ofense au apărut sub forma unor plăci fotografice din noaptea de 5 octombrie 1923. Iar instrumentul ofensator a fost telescopul de 254 de centimetri de la Observatorul Mount Wilson, cel mai puternic din lume la acea vreme. În sfârşit, obiectul cosmic ofensator a fost nebuloasa Andromeda, una dintre cele mai mari de pe cerul nopții.

Hubble a descoperit în interiorul nebuloasei Andromeda o stea foarte luminoasă, deja cunoscută astronomilor din studierea stelelor mult mai apropiate de noi. Distanțele până la stelele apropiate erau cunoscute, iar strălucirea lor variază doar odată cu distanța. Aplicând legea pătratului distanței la luminozitatea acelei stele, Hubble a calculat distanța până la steaua din Andromeda, care arăta că nebuloasa este mult mai îndepărtată decât orice stea cunoscută din sistemul nostru stelar. De fapt, Andromeda este o întreagă galaxie, care s-ar putea să conțină miliarde de stele şi se află la două milioane de ani-lumină de noi. Nu numai că nu mai eram în centrul acțiunii, dar peste noapte întreaga Cale Lactee, ultimul etalon al importanței noastre, s-a redus la dimensiunile unei pete nesemnificative din universul nostru cu miliarde de pete, mult mai mare decât îşi imaginase cineva până atunci.

Calea Lactee este doar una dintre nenumăratele galaxii ale universului. Şi, totuşi, n-am putea să fim noi în centrul universului? La numai şase ani după ce ne-a retrogradat, Hubble a pus la un loc toate datele cunoscute despre mişcările galaxiilor. A reieşit că aproape toate se îndepărtează de Calea Lactee cu viteză direct proporțională cu distanța față de noi.

În sfârşit, eram în mijlocul unui lucru important: universul era în expansiune, iar noi ne aflam în centru.

Dar nu, nu trebuia să ne mai lăsăm păcăliți încă o dată. Doar pentru că ni se părea că suntem în centrul cosmosului nu însemna că aşa stăteau lucrurile. De fapt, o teorie a universului era în aşteptare încă din 1916, când Albert Einstein şi-a publicat lucrarea despre teoria relativității generale – teoria modernă a gravitației. În universul lui Einstein, materialul spațiului şi timpului este distorsionat în prezența masei. Această distorsiune şi mişcarea prin care obiectele îi răspund reprezintă ceea ce noi interpretăm ca forță gravitațională. Aplicată la cosmos, relativitatea generală permite expansiunea spațiului universului, care poartă cu ea galaxiile existente.

O consecință remarcabilă a acestei descoperiri este aceea că pentru observatorii din toate galaxiile pare că universul este în expansiune în jurul lor. Este iluzia supremă a importanței, prin care natura păcăleşte nu doar oamenii simțitori de pe Pământ, ci şi toate celelalte forme de viață care au existat vreodată în spațiu şi timp.

Cu siguranță există un singur cosmos – cel în care trăim cu fericirea amăgirii. În acest moment, cosmologii nu au dovezi pentru existența altui univers. Dacă ducem însă la extrem (sau chiar mai departe) câteva legi bine testate ale fizicii, putem descrie mica, densa şi fierbintea particulă din care s-a născut universul nostru ca pe o spumă clocotitoare de spațiu-timp care a rezultat dintr-o fluctuație cuantică,

una dintre multele care ar putea da naştere unui întreg univers de sine stătător. În acest cosmos violent am putea ocupa doar unul dintre universurile unui „multivers” compus şi din nenumărate alte universuri care prind viaţă şi apoi mor. O astfel de idee ne retrogradează şi mai mult, până la o părticică stânjenitor mai nesemnificativă decât ne-am imaginat vreodată. Ce-ar spune despre asta Papa Paul al III-lea?

Nefericirea noastră rămâne aceeaşi, dar la o scară încă şi mai mare. Hubble sintetizează problema în lucrarea lui din 1936, *Realm of Nebulae*, dar aceste cuvinte sunt valabile pentru oricare dintre stadiile întunecimii în care am fost cufundaţi:

> *Astfel, explorarea spaţiului se încheie cu o oarecare incertitudine... Cunoaştem vecinătatea apropiată destul de bine. Odată cu distanţa, cunoştinţele noastre pălesc, şi asta foarte repede. În cele din urmă, ajungem la graniţele abia vizibile – limitele până la care bat telescoapele noastre. Acolo măsurăm umbre şi căutăm printre erorile de calcul borne ceva mai substanţiale.* (p. 201)

Care sunt lecţiile pe care trebuie să le învăţăm din această călătorie a minţii umane? Oamenii sunt fragili emoţional, veşnic uşor de păcălit, ignoranţi stăpâni fără speranţă ai unei mici pete din cosmos.

Să aveţi o zi bună!

4. CAPCANA INFORMAȚIEI

Cei mai mulți cred că, cu cât avem mai multe informații despre ceva, cu atât înțelegem mai bine lucrul respectiv. De obicei, este adevărat, până la un punct. Dacă vă uitați la pagina aceasta din celălalt capăt al încăperii puteți vedea că este într-o carte, dar probabil că nu o să distingeți cuvintele. Dacă vă apropiați suficient, puteți citi textul. Dar dacă lipiți nasul de pagină, n-o să vedeți mai bine literele. Poate vedeți câteva detalii, dar o să vă scape informații esențiale – cuvinte, propoziții şi paragrafe întregi. Vechea anecdotă cu orbii şi elefantul are aceeaşi învățătură: dacă stai la câțiva centimetri şi te concentrezi asupra arătării mari şi greoaie, asupra furtunului lung şi elastic sau asupra învelişului dur şi încrețit, ori asupra sforii legănătoare terminate cu un ciucure de care o să-ți dai seama destul de repede că nu e bine să tragi, n-o să fii în stare să spui prea multe despre elefant ca întreg.

Una dintre problemele cercetării ştiințifice este să ştii când trebuie să faci un pas înapoi – şi să ştii cât de mare trebuie să fie acest pas – şi când trebuie să te apropii. În anumite situații, aproximația conferă claritate. În altele, duce la simplificare exagerată. Uneori, un set de complicații scoate în evidență complexitatea tabloului, dar alteori pur şi simplu îl aglomerează. De exemplu, dacă vrem să cunoaştem toate proprietățile unui ansamblu de molecule în diferite stări de temperatură şi presiune, este irelevant şi uneori chiar de-a dreptul înşelător să dăm atenție comportamentului individual al moleculelor cu pricina. Aşa cum o să vedem în Partea a treia, o singură particulă nu poate avea temperatură, fiindcă însuşi conceptul de temperatură presupune media mişcării tuturor moleculelor din grup. Dimpotrivă, în biochimie nu putem înțelege mai nimic dacă nu suntem atenți la felul în care o moleculă interacționează cu alta.

Aşadar, când are o măsurătoare, o observaţie sau pur şi simplu o hartă suficiente detalii?

În 1967, Benoît B. Mandelbrot, matematician care a lucrat pentru Centrul Thomas J. Watson al IBM din Yorktown Heights, New York, dar şi la Universitatea Yale, a pus în revista *Science* o întrebare: „Cât de lungă este coasta Marii Britanii?" O întrebare simplă, la care aţi putea aştepta un răspuns la fel. Doar că răspunsul este mai profund decât şi-ar fi putut imagina cineva.

Exploratorii şi cartografii au stabilit de multe secole liniile de coastă. Primele desene ne prezintă nişte continente cu margini brute, cu aspect caraghios. Astăzi, hărţile foarte amănunţite obţinute cu ajutorul sateliţilor sunt la ani-lumină distanţă când vine vorba de precizie. Totuşi, pentru a încerca un răspuns la întrebarea lui Mandelbrot, nu avem nevoie decât de un atlas al lumii şi de un ghem de aţă. Suprapunem firul peste perimetrul Marii Britanii, de la Dunnet Head până la Lizard Point, asigurându-ne că am urmat toate curbele, apoi îl întindem şi îl comparăm cu scara hărţii. Gata! Am măsurat coastele insulei.

Dacă vreţi să verificaţi, puteţi folosi o hartă militară mai detaliată, cu o scară mai mică, nu la cele care arată întreaga insulă britanică într-o singură planşă. De data asta firul trebuie să se suprapună peste multe intrânduri şi promontorii. Ocolurile sunt mici, dar sunt multe. O să vedeţi că măsurătoarea după harta detaliată o să dea o estimare a lungimii coastelor mai mare decât cea obţinută cu ajutorul atlasului.

Care dintre măsurători este corectă? Bineînţeles, cea făcută după harta detaliată. Şi totuşi, aţi fi putut alege o hartă şi mai detaliată, una pe care să apară fiecare stâncă de pe ţărm. De obicei cartografii ignoră aceste stânci dacă nu sunt de dimensiunea celor din Gibraltar. Cred că, dacă

vreți o măsurătoare corectă, trebuie să vă plimbați de-a lungul coastelor Marii Britanii şi să aveți suficientă aţă la dumneavoastră pentru a putea măsura fiecare intrând şi fiecare limbă de pământ care se avântă în mare. Şi tot o să ratați câteva pietre, ca să nu mai vorbim de şiroaiele de apă care se scurg pe nisip.

Unde se încheie încercarea? De fiecare dată când o măsurați, linia de coastă devine tot mai lungă. Dacă luați în considerare moleculele, atomii şi particulele subatomice o să ajungă la o lungime infinită? Nu chiar. Mandelbrot ar fi spus „indefinibilă". Poate că avem nevoie de o altă dimensiune pentru a gândi problema. Poate că lungimea ca dimensiune unică nu este potrivită pentru coastele cu atât de multe meandre.

Rezolvarea exercițiului mental al lui Mandelbrot a dus la apariția un nou domeniu al matematicii, bazat pe dimensiunile fracționare – sau fractali (de la cuvântul latin *fractus*, „ruptură") – nu pe cele una, două sau trei dimensiuni ale clasicei geometrii euclidiene. Mandelbrot a susținut că ideile noastre clasice despre dimensiune sunt prea simpliste pentru a ne putea permite să caracterizăm complexitatea liniei de coastă. A reieşit că fractalii sunt ideali pentru a descrie tiparele „autosimilare", care arată la fel la scări diferite. Broccoliul, ferigile şi fulgii de zăpadă sunt câteva exemple din natură, dar fractalul ideal poate fi produs doar de structuri generate de calculator, care se repetă indefinit şi în care forma obiectului extrem este obținută din forme sau tipare identice de dimensiuni mai mici, care la rândul lor sunt alcătuite din versiuni ale lor în miniatură, până la un nivel nedefinit.

Totuşi, pe măsură ce studiem mai în amănunt fractalul pur, chiar dacă are tot mai multe componente, nu descoperim mai multă informație, fiindcă tiparul continuă să fie acelaşi. Dimpotrivă, dacă studiem tot mai în amănunt

corpul uman, ajungem la o celulă, o structură extraordinar de complicată înzestrată cu diferite atribute şi supusă unor reguli diferite de cele valabile la nivelul general al organismului uman. Depăşirea graniţelor celulei dă la iveală un nou univers informaţional.

Cum stau lucrurile în privinţa Pământului? Una dintre primele reprezentări ale lumii, păstrată pe o tăbliţă de lut babiloniană de acum 2 600 de ani, arată un disc înconjurat de oceane. Adevărul este că, dacă stai în mijlocul unui teren plat (cum sunt, de exemplu, văile Tigrului şi Eufratului) şi te uiţi în toate direcţiile, Pământul chiar pare un disc.

Observând că există nişte probleme cu conceptul de Pământ plat, vechii greci – inclusiv gânditori ca Pitagora sau Herodot – au luat în calcul posibilitatea ca Pământul să fie o sferă. În secolul al IV-lea î.Hr. Aristotel, marele sistematizator al cunoaşterii, a sintetizat câteva argumente ale acestei perspective. Unul dintre ele se baza pe eclipsele de Lună. Din când în când, Luna, care se învârte în jurul Pământului, intră în conul de umbră pe care Pământul îl produce în spaţiu. Aristotel a observat, după decenii de astfel de evenimente, că umbra Pământului pe Lună este întotdeauna circulară. Ca să se întâmple aşa ceva trebuia ca Pământul să fie o sferă, fiindcă doar sferele aruncă de fiecare dată o umbră circulară, indiferent de unghi şi de poziţia sursei de lumină. Dacă Pământul ar fi fost un disc, uneori umbra ar fi trebuit să fie ovală, iar alteori, când Soarele era la marginea Pământului, ar fi trebuit să fie o linie. Numai atunci când Soarele era fix de cealaltă parte a Pământului, umbra putea fi circulară.

Dată fiind soliditatea argumentului, v-aţi putea gândi că, în următoarele câteva secole, cartografii au oferit o reprezentare sferică a Pământului. Nici vorbă. Primul glob terestru cunoscut avea să apară în 1490-1492, în ajunul

călătoriilor de descoperire şi colonizare făcute de europeni peste ocean.

Aşadar, da, Pământul este o sferă. Însă, ca întotdeauna, diavolul se ascunde în detalii. În lucrarea lui din 1687, *Philosophiae naturalis principia mathematica*, Newton a sugerat că, deoarece obiectele sferice care se rotesc îşi proiectează substanța în afară în timpul mişcării, planeta noastră trebuie să fie (la fel ca celelalte) un pic turtită la poli şi ceva mai umflată la ecuator – o formă cunoscută ca „sferoid aplatizat". Pentru a testa ipoteza lui Newton, o jumătate de secol mai târziu, Academia Franceză de Ştiințe a trimis matematicieni în două expediții – una către cercul polar arctic şi alta către ecuator –, fiecare cu sarcina de a măsura lungimea unui grad de latitudine de pe suprafața Pământului pe distanța aceleiaşi longitudini. Gradul era ceva mai lung la cercul polar, ceea ce nu se putea întâmpla decât dacă Pământul era uşor turtit. Newton avusese dreptate.

O planetă este cu atât mai umflată la ecuator cu cât se roteşte mai repede. Pe cea mai mare planetă din sistemul nostru solar, Jupiter, care se roteşte repede, o zi durează zece ore pământene. Jupiter are raza ecuatorială cu 7% mai lungă decât cea polară. În cazul Pământului nostru, o planetă mult mai mică, cu ziua de douăzeci şi patru de ore, această diferență este de numai 0,3% – raza ecuatorială este mai mare cu doar 21,5 kilometri. O nimica toată dacă ne raportăm la diametrul de aproape 13 000 de kilometri.

O consecință fascinantă a acestei uşoare aplatizări este aceea că, dacă stați la nivelul mării undeva la ecuator, o să fiți mai departe de centrul Pământului decât în orice alt punct de pe planetă. Iar dacă vreți să faceți ceva deosebit puteți urca pe muntele Chimborazo, din Ecuador. Situat în apropierea ecuatorului, vârful muntelui se înalță la 6 384 de

metri deasupra nivelului mării, dar este cu 2 168 de metri mai departe de centrul Pământului decât vârful Everest.

Sateliții au reuşit să complice problema şi mai mult. În 1958, Vanguard 1, un satelit care gravitează în jurul Pământului, ne-a dat vestea că umflătura ecuatorială este ceva mai pronunțată în emisfera sudică decât în cea nordică. Mai mult, nivelul mării la Polul Sud e ceva mai apropiat de centrul planetei decât cel de la Polul Nord. Cu alte cuvinte, planeta noastră este o pară.

A urmat descoperirea tulburătorului fapt că Pământul nu este rigid. Suprafața lui se ridică şi coboară zilnic, când oceanele acoperă şi descoperă plăcile continentale sub atracția Lunii şi, într-o mai mică măsură, a Soarelui. Forțele de atracție distorsionează oceanul planetar, dându-i o formă ovală. Acest fenomen este bine cunoscut astăzi. Dar aceleaşi forțe distorsionează şi solul, aşa că raza ecuatorială fluctuează zilnic şi lunar, în tandem cu mareele şi fazele lunii.

Aşadar, Pământul este un sferoid aplatizat în formă de pară care dă din şolduri.

O să descoperim vreodată toate aceste modificări? Probabil că nu. În 2002 o misiune spațială germano-americană numită GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) a lansat doi sateliți care să cartografieze geoidul planetar, adică forma pe care ar avea-o Pământul dacă nivelul mării nu ar fi afectat de curenții oceanici, maree sau vreme. Cu alte cuvinte, suprafața ipotetică obținută atunci când forța gravitațională este perpendiculară pe fiecare punct de pe Pământ. În felul acesta, geoidul va prezenta registrul complet şi perfect orizontal al tuturor variațiilor formei Pământului şi ale densității materiei din adâncuri. Tâmplarii, topografii şi inginerii care construiesc apeducte vor fi nevoiți să i se supună.

Orbitele reprezintă o altă categorie de forme problematice. Nu sunt unidimensionale, nici măcar bi- sau tridimensionale. Orbitele sunt multidimensionale şi se desfăşoară în spaţiu şi timp. Aristotel a venit cu ideea că Pământul, Soarele şi stelele sunt fixe, ataşate de sfere cristaline. Sferele erau cele care se roteau, iar orbitele lor trasau... cercuri perfecte, ce altceva? Pentru Aristotel, ca pentru aproape toţi anticii, Pământul era în centrul acestei activităţi.

Nicolaus Copernic nu a fost de acord. În lucrarea sa de căpătâi din 1543, *De revolutionibus*, el a plasat Soarele în mijlocul cosmosului. Copernic a păstrat însă orbitele perfect circulare, fără să-şi dea seama că acest lucru nu se potriveşte cu realitatea. O jumătate de secol mai târziu, Johannes Kepler a pus lucrurile în ordine cu cele trei legi ale mişcării planetare – primele ecuaţii de predicţie din istoria ştiinţei –, dintre care una arăta că orbitele nu sunt cercuri, ci ovale cu diferite elongaţii.

A fost abia începutul.

Gândiţi-vă la sistemul Pământ-Lună. Cele două corpuri gravitează în jurul centrului comun de masă, baricentrul lor, care se află la aproximativ 1 500 de kilometri sub punctul de pe suprafaţa Pământului cel mai apropiat de Lună la momentul respectiv. Aşa că nu planetele în sine, ci baricentrul planetelor-satelit este cel care trasează orbitele eliptice kepleriene din jurul Soarelui. Care este traiectoria Pământului? O serie de volute – treisprezece în fiecare an, câte unul pentru fiecare ciclu lunar – împletite într-o elipsă.

Între timp, nu numai că Luna şi Pământul se atrag reciproc, dar şi celelalte planete (şi lunile lor) exercită forţe asupra lor. Toate exercită forţe asupra tuturor celelalte. Aşa cum probabil bănuiaţi, e o încâlceală foarte complicată, care va fi descrisă mai amănunţit în Partea a treia. În plus, de fiecare dată când sistemul Pământ-Lună face o tură în jurul

Soarelui, orientarea elipsei se deplasează uşor, ca să nu mai vorbim de faptul că Luna se îndepărtează de Pământ în spirală cu câțiva centimetri pe an, iar unele orbite din sistemul nostru solar sunt haotice.

Acestea fiind spuse, baletul sistemului solar, coregrafiat de gravitație, este un spectacol pe care doar un calculator îl poate cunoaşte şi aprecia în întregime. Am parcurs o distanță foarte lungă de la ideea corpurilor izolate care trasau în spațiu cercuri perfecte.

Cursul unei discipline ştiințifice este modelat în mai multe feluri, în funcție de ce punem înainte: teoriile sau datele. O teorie ne spune ce să căutăm, iar noi găsim sau nu lucrul respectiv. Dacă reuşim sa facem asta, trecem la următoarea întrebare deschisă. Dacă nu avem o teorie, dar avem instrumente de măsură, începem să culegem cât mai multe date cu putință, sperând că vom descoperi un tipar. Dar până când ajungem la o perspectivă generală, nu facem decât să orbecăim.

Totuşi, am greşi dacă am declara că Nicolaus Copernic nu a avut dreptate, doar pentru că orbitele lui aveau forme greşite. Contează în primul rând concepția lui profundă, potrivit căreia planetele gravitează în jurul Soarelui. Din acel punct astrofizica a perfecționat încontinuu modelul, intrând tot mai în amănunt. Estimările lui Copernic nu au fost corecte, dar cu siguranță s-a uitat în direcția bună. Aşadar, rămâne întrebarea: când să ne apropiem şi când să ne îndepărtăm?

Imaginați-vă că vă plimbați pe bulevard într-o zi răcoroasă de toamnă. La următoarea intersecție vedeți un domn cu părul cărunt îmbrăcat într-un costum bleumarin. E puțin probabil să puteți vedea bijuteria de pe mâna lui stângă. Dacă iuțiți pasul şi vă apropiați la zece metri de el, o

să vă dați seama că poartă un inel, dar n-o să puteți vedea piatra rubinie a inelului sau lucrătura. Dacă vă furișați alături de el și folosiți o lupă – în cazul în care nu cheamă poliția –, o să vedeți inscripționate pe inel numele facultății, titlul obținut, anul absolvirii, poate chiar și emblema. În cazul de față ați presupus corect că o privire mai de aproape o să vă spună mai multe.

Acum imaginați-vă că vă uitați la un tablou al unui poantilist francez de la sfârșitul secolului al XIX-lea. Dacă stați la trei metri de el, o să puteți vedea bărbați cu joben, femei cu fuste lungi, copii, animale, o apă scânteietoare. Dacă vă apropiați, o să vedeți doar zeci de mii de puncte, pete și tușe de culoare. Cu nasul lipit de pânză o să puteți aprecia complexitatea tehnicii, dar numai de la distanță o să vă dați seama că în tablou este reprezentată o scenă. Este exact opusul experienței din cazul domnului cu inel de pe bulevard: cu cât priviți mai de aproape, cu atât se dezintegrează detaliile și vă doriți să fi păstrat distanța.

Care dintre cele două modalități este mai bună pentru observarea lucrurilor pe care ni le dezvăluie natura? Ambele, de fapt. Aproape de fiecare dată când se uită mai de aproape la un fenomen sau la vreun obiect din cosmos, fie că e vorba de animal, legumă sau stea, omul de știință trebuie să decidă dacă o privire de ansamblu – cea pe care o obții atunci când faci câțiva pași în spate – este mai utilă sau mai puțin utilă decât una de aproape. Dar mai există o a treia cale, un fel de hibrid între cele două, în care privirea de aproape oferă mai multe date, dar surplusul de date zăpăcește. Impulsul de a te trage înapoi este puternic, dar și acela de a înainta este la fel. Pentru fiecare ipoteză confirmată de date mai detaliate trebuie modificate sau înlăturate alte zece, care nu se mai potrivesc modelului. Pot trece ani sau decenii până când sunt formulate câteva idei noi pe baza datelor respective. Cazul cel mai grăitor în

această privință: multitudinea de inele şi ineluşe ale planetei Saturn.

Pământul este un loc fascinant în care să trăieşti şi să munceşti. Dar înainte ca Galileo să facă primele observații cu telescopul, în 1609, nimeni nu cunoştea şi nu înțelegea suprafața, compoziția sau climatul vreunui alt loc din cosmos. În 1610, Galileo a observat la Saturn ceva ciudat. Dat fiind că telescopul lui nu avea prea multă precizie, planeta îi apărea ca şi cum ar fi avut doi companioni, unul în stânga şi altul în dreapta. Galileo a formulat această observație într-o anagramă.

smaismrmilmepoetaleumibunenugttauiras

Scopul era acela de a nu permite nimănui altcuiva să-şi asume meritul pentru acea descoperire importantă şi încă nepublicată. Când este reordonată şi tradusă din latină, anagrama devine: „Am observat că cea mai mare planetă are trei corpuri". De-a lungul anilor, Galileo a continuat să monitorizeze companionii planetei Saturn. La un moment dat păreau nişte urechi. Într-un alt moment au dispărut de tot.

În 1656, fizicianul olandez Christiaan Huygens a studiat planeta printr-un telescop mult mai puternic decât al lui Galileo, construit special pentru observarea lui Saturn. El a fost primul care a interpretat companionii cu aspect de urechi ca fiind un simplu inel plat. Aşa cum făcuse şi Galileo cu o jumătate de secol mai devreme, el a notat această descoperire revoluționară, dar încă incompletă, într-o anagramă. După trei ani, Huygens a publicat propunerea lui în cartea *Systema Saturnium*.

După alți douăzeci de ani, Giovanno Cassini, directorul Observatorului din Paris, a arătat că sunt două inele, separate de un interval care a devenit cunoscut ca

„diviziunea Cassini”. Şi după încă aproape două secole, fizicianul scoţian James Clerk Maxwell a câştigat un premiu prestigios arătând că inelele lui Saturn nu sunt solide, ci aglomerări de particule mici care au propriile orbite.

La sfârşitul secolului XX observatorii au identificat şapte inele distincte, denumite cu litere de la A la G. Mai mult, şi-au dat seama că inelele sunt compuse din mii şi mii de ineluşe şi fâşii suprapuse.

Cam asta a fost „teoria urechii” în cazul inelelor lui Saturn.

În secolul trecut, Saturn a fost survolat de câteva ori: de Pioneer 11 în 1979, de Voyager 1 în 1980 şi de Voyager 2 în 1981. Aceste cercetări „de la faţa locului” au adus dovezi că sistemul de inele este mult mai complicat şi mai enigmatic decât ne-am imaginat. De pildă, particulele din anumite inele sunt strânse în fâşii înguste de aşa-numitele „luni păstorițe” – mici sateliți care gravitează în inele sau în apropierea lor. Forțele de atracție ale lunilor păstorițe trag după ele particulele din inele în diferite direcții, producând numeroase intervale în inele.

Undele de densitate, rezonanțele orbitale şi alte particularități ale gravitației în sistemele cu particule multiple dau naştere unor fenomene trecătoare în inele şi în jurul lor. De exemplu, în inelul B existau „spițe” fantomatice mişcătoare – înregistrate de sondele Voyager şi puse pe seama câmpului magnetic al planetei –, care au dispărut misterios în imaginile luate de aproape de nava spațială Cassini, care transmite date de pe o orbită saturniană.

Din ce materie sunt făcute inelele lui Saturn? În cea mai mare parte din apă înghețată, dar şi din praf, a cărui compoziție chimică este similară cu cea a uneia dintre cele mai mari luni ale planetei. Cosmochimia mediului sugerează faptul că Saturn a avut cândva mai multe astfel de luni.

Cele dispărute gravitau probabil prea aproape pentru a fi suportate de planeta gigantică şi au fost sfâşiate de forța de atracție a lui Saturn.

Apropo, Saturn nu este singura planetă cu un sistem de inele. Imagini luate de aproape ale planetelor Jupiter, Uranus şi Neptun – ceilalți trei giganți gazoşi din sistemul nostru solar – arată că fiecare planetă are propriul sistem de inele. Aceste inele au fost descoperite abia la sfârşitul anilor 1970 şi începutul anilor 1980, fiindcă, spre deosebire de sistemul maiestuos al inelelor lui Saturn, sunt compuse în mare parte din substanțe întunecate, care nu reflectă lumina, cum ar fi pietre sau particule de praf.

Spațiul din apropierea unei planete poate fi periculos dacă nu eşti un obiect rigid şi dens. De exemplu, aşa cum o să vedem în Partea a doua, multe comete şi câțiva asteroizi seamănă cu nişte grămezi de pietriş, iar apropierea lor de planete este periculoasă. Distanța magică la care forța de atracție a planetei depăşeşte gravitația care ține la un loc asemenea vagabonzi este numită „limită Roche", fiind descoperită în secolul al XIX-lea de astronomul francez Édouard Albert Roche. Să te aventurezi dincolo de limita Roche înseamnă să te dezintegrezi; iar asta provoacă sfâşierea şi împrăştierea pe orbite proprii a bucăților, ceea ce duce până la urmă la formarea unui inel plat şi larg.

Recent am primit câteva ştiri tulburătoare despre Saturn de la un coleg care studiază sistemele de inele. A observat cu amărăciune că orbitele părților constitutive sunt instabile, aşa că probabil vor dispărea într-o clipită astrofizică: aproximativ 100 de milioane de ani. Planeta mea favorită va fi lipsită tocmai de ornamentele care o fac să fie planeta mea favorită! Din fericire, s-ar părea că acumularea constantă şi în principiu neîncetată de particule interplanetare şi interlunare ar putea înlocui inelele. Ca şi

pielea de pe faţa noastră, sistemul de inele ar putea rezista, chiar dacă particulele lui constitutive nu reuşesc asta.

Alte veşti ne-au parvenit din imaginile de aproape ale inelelor lui Saturn luate cu nava Cassini. Ce fel de veşti? „Năucitoare” şi „uimitoare”, ca s-o citez pe Carolyn C. Porco, şefa echipei de imagistică a misiunii, specialistă în inele planetare a Institutului de Ştiinţe Spaţiale din Boulder, Colorado. Ici şi colo în aceste inele s-au descoperit trăsături neaşteptate şi, deocamdată, inexplicabile: ineluşe tivite cu margini extrem de ascuţite, particule strânse în bulgări, o puritate mare a gheţii din inelele A şi B în comparaţie cu impurităţile din diviziunea Cassini care le desparte. Toate aceste date noi o să-i ţină ocupaţi pe Porco şi pe colegii ei ani întregi, în timp ce o să-şi amintească cu nostalgie de perspectivele mai limpezi pe care le aveau când priveau mai de la distanţă.

5. O ŞTIINȚĂ CU MIJLOACE CONSERVATOARE

Vreme de un secol sau două, diferitele combinații de înaltă tehnologie şi gândire inspirată au dus înainte descoperirile cosmice. Dar să presupunem că nu dispuneți de tehnologie. Să presupunem că nu aveți în laboratorul din garaj decât un băț. Ce puteți afla? Foarte multe.

Cu răbdare şi măsurători atente, puteți culege o cantitate impresionantă de informații despre locul nostru în cosmos. Nu contează din ce e făcut bățul şi nici ce culoare are. E suficient să fie drept. Înfigeți-l în pământ într-un loc în care aveți o perspectivă neobturată spre orizont. De vreme ce vreți să faceți totul fără tehnologie, puteți folosi o piatră pentru a bate bățul ca să intre în pământ, nu un ciocan. Asigurați-vă că bățul stă în poziție verticală.

Laboratorul dumneavoastră preistoric este gata.

Într-o dimineață senină faceți semne la capătul umbrei bățului când răsare Soarele, când este sus pe cer şi când apune. Umbra va fi la început lungă, apoi se va scurta până când Soarele va ajunge în cel mai înalt punct de pe cer şi apoi se va lungi din nou, până la apus. Culegerea datelor pentru acest experiment este la fel de atractivă ca urmărirea orarului unui ceas. Dar, de vreme ce nu aveți tehnologie, nu există nimic altceva care să concureze pentru atenția dumneavoastră. Observați că, atunci când umbra are cea mai mică lungime, a trecut o jumătate de zi. În acel moment – numit „amiaza locală" – umbra este îndreptată spre nord sau spre sud, depinde de care parte a ecuatorului vă aflați.

Tocmai ați construit un cadran solar rudimentar. Iar dacă vreți să păreți învățat, puteți să-i spuneți acum bățului „gnomon" (deşi eu prefer „băț"). Trebuie să ştiți că în emisfera nordică, unde s-a născut civilizația, umbra bățului se învârte în jurul acestuia în sensul acelor de ceasornic pe măsură ce Soarele se deplasează pe cer. De asta arătătoarele ceasurilor se mişcă „în sensul acelor de ceasornic".

Dacă aveți suficientă răbdare şi cerul este senin, puteți repeta exercițiul de 365 de ori la rând. O să observați că Soarele nu răsare în fiecare zi din acelaşi punct de la orizont. Şi că de două ori pe an umbra bățului în momentul răsăritului va fi opusul perfect al umbrei de la apus. Când se întâmplă asta, Soarele răsare de la estul cardinal şi apune la vestul cardinal, iar ziua este egală cu noaptea. Acele două zile sunt echinocțiile de primăvară şi toamnă. (Termenul provine din expresia latină „noapte egală”.) În toate celelalte zile ale anului Soarele răsare şi apune din şi în alte puncte de-a lungul liniei orizontului. Cine a venit cu afirmația „Soarele răsare întotdeauna de la est şi apune la vest” pur şi simplu n-a fost niciodată atent la ce se petrece pe cer.

Dacă sunteți în emisfera nordică atunci când faceți aceste observații, o să vedeți că după echinocțiul de primăvară marcajele pentru răsărit se deplasează spre nord în raport cu axa est-vest, apoi se opresc, după care încep să se deplaseze spre sud. După ce întretaie din nou axa est-vest, deplasarea spre sud încetineşte, se opreşte şi este urmată de deplasarea spre nord. Întregul ciclu se repetă în fiecare an.

În tot acest timp, traiectoria Soarelui se schimbă. La solstițiul de vară (termenul provine din expresia latină „Soare staționar”) Soarele răsare şi apune în cel mai nordic punct de la orizont, având cea mai lungă traiectorie pe cer. Asta face ca solstițiul să aducă cea mai lungă zi a anului. În ziua respectivă la prânz o să aveți cea mai scurtă umbră a bățului. Când Soarele răsare şi apune în cel mai sudic punct al orizontului, traiectoria lui pe cer este cea mai scurtă, ceea ce face ca umbra de la prânz să fie cea mai lungă. Cum s-ar putea numi acea dată altfel decât „solstițiu de iarnă”?

Pe 60% din suprafața Pământului şi pentru 75% dintre locuitorii lui Soarele nu se află niciodată direct deasupra capului. Pentru restul planetei, într-o centură lată de 5 000 de kilometri şi centrată pe ecuator, Soarele se află la zenit doar în două zile din an (sau doar într-una dacă vă aflați la unul dintre cele două tropice). Pariez că aceeaşi persoană care credea că ştie unde răsare şi unde apune Soarele a venit şi cu expresia „la amiază Soarele e exact deasupra capului”.

Până acum, cu un simplu băț şi multă răbdare ați identificat punctele cardinale şi cele patru zile din an care marchează schimbările de anotimp. Acum trebuie să inventați o modalitate de a măsura intervalul dintre amiaza unei zile şi cea a zilei următoare. Ar fi foarte bun un cronometru costisitor, dar este suficientă şi o clepsidră sau mai multe, cu condiția să fie bine făcute. Fiecare astfel de instrument de măsură vă permite să determinați foarte exact cât timp îi ia Soarelui să se învârtă în jurul Pământului: ziua solară. Media acestui interval de-a lungul unui an este fix 24 de ore. Totuşi, nu este inclusă acea secundă care se adaugă la intervale regulate pentru a compensa încetinirea rotației Pământului de către atracția exercitată de lună asupra oceanului planetar.

Să ne întoarcem la bățul dumneavoastră. Încă nu am terminat. Stabiliți o linie de perspectivă de la vârful bățului până la un punct de pe cer şi folosiți instrumentul de măsură a timpului pentru a observa momentul în care o stea cunoscută dintr-o constelație cunoscută ajunge în acel punct. Apoi, cu ajutorul aceluiaşi instrument, măsurați intervalul dintre momentul respectiv şi acelaşi moment din noaptea următoare. Acel interval, ziua stelară, are 23 de ore, 56 de minute şi 4 secunde. Diferența de aproape patru minute dintre ziua stelară şi cea solară face Soarele să

migreze în tiparul de fundal al stelelor, creând impresia că vizitează constelații una după alta de-a lungul anului.

Bineînțeles, ziua nu puteți vedea stelele – numai Soarele. Dar cele care se văd la orizont imediat după apus sau înainte de răsărit marchează poziția Soarelui pe cer, aşa că un observator atent care are o memorie bună când vine vorba de tiparul stelar îşi poate da seama ce se află în spatele Soarelui.

Recurgând din nou la instrumentul de măsurare a timpului puteți încerca şi altceva cu bățul dumneavoastră. Vreme de un an, însemnați în fiecare zi locul în care se află vârful umbrei la amiaza indicată de ceas. O să vedeți că fiecare astfel de punct va avea altă poziție, iar la sfârşitul anului veți obține un opt, pe care învățații îl numesc „analemă".

De ce? Pământul are o axă înclinată cu 23,5 grade în raport cu planul sistemului solar. Această înclinație nu este doar motivul pentru care avem anotimpuri şi o traiectorie solară pe cer atât de diferită de la o zi la alta, dar şi principala cauză a apariției simbolului cifrei opt, care descrie migrația ecuatorului celest de-a lungul anului. În plus, orbita Pământului în jurul Soarelui nu este un cerc. Conform legilor pentru mişcarea planetară ale lui Kepler, viteza lui orbitală ar trebui să varieze, crescând atunci când ne apropiem de Soare şi încetinind atunci când ne îndepărtăm. Dat fiind că viteza de rotație a Pământului rămâne constantă, ceva trebuie să se întâmple: Soarele nu este întotdeauna în cel mai ridicat punct de pe cer la „amiaza orară". Cu toate că diferența de la o zi la alta este minoră, în anumite zile din an Soarele ajunge în punctul respectiv cu o întârziere de 14 minute, iar în altele mai devreme cu 16 minute. Doar în patru zile pe an – corespunzătoare vârfului, bazei şi traversării mijlocului cifrei opt – amiaza orară este aceeaşi cu cea solară. Zilele

respective sunt 15 aprilie, 14 iunie, 2 septembrie şi 25 decembrie (fără nicio legătură cu Isus).

Acum trebuie să vă clonaţi, împreună cu băţul dumneavoastră, şi să vă trimiteţi geamănul spre sudul cardinal, într-un punct ales dinainte, de dincolo de linia orizontului. Puneţi-vă de acord dinainte că o să măsuraţi lungimea umbrei în aceeaşi zi şi la aceeaşi oră. Dacă umbrele au aceeaşi lungime, trăiţi pe un Pământ plat sau superuriaş. Dacă au lungimi diferite, puteţi folosi câteva calcule geometrice simple pentru a descoperi circumferinţa Pământului.

Astronomul şi matematicianul Eratostene din Cirene (276-194 î.Hr.) a făcut acest lucru. A comparat lungimile umbrei la amiază în două oraşe egiptene – Siene (astăzi Assuan) şi Alexandria –, estimând distanţa dintre ele la 5 000 de stadii. Circumferinţa Pământului calculată de Eratostene s-a înscris într-o toleranţă de 15% faţă de valoarea corectă. De fapt, cuvântul „geometrie” vine din expresia grecească „măsurarea pământului”.

V-aţi făcut de lucru cu băţul câţiva ani, dar următorul experiment o să vă ia doar un minut. Înfigeţi băţul în pământ înclinat, aşa încât să pară înfipt din întâmplare în noroi. Legaţi o piatră de un fir subţire şi de capătul băţului. Aţi construit un pendul. Măsuraţi lungimea firului şi loviţi piatra, pentru a pune pendulul în mişcare. Număraţi de câte ori se leagănă în 60 de secunde.

O să descoperiţi că acest număr depinde prea puţin de lărgimea arcului descris de pendul şi absolut deloc de masa pietrei. Singurele lucruri care contează sunt lungimea firului şi planeta pe care vă aflaţi. Folosind apoi o ecuaţie simplă, puteţi descoperi acceleraţia gravitaţională la suprafaţa Pământului, care este o măsură direct proporţională cu greutatea dumneavoastră. Pe Lună, unde nu există decât a

şasea parte din gravitaţia pământeană, acelaşi pendul se va mişca mai încet, executând mai puţine legănări pe minut.

Nu există un mod mai bun de a lua pulsul unei planete.

Până acum bățul dumneavoastră nu v-a oferit nicio dovadă că Pământul se roteşte. V-a demonstrat numai că Soarele şi stelele se învârt în jurul lui la intervale regulate, care pot fi prevăzute. Pentru următorul experiment, găsiți un băț care să aibă mai mult de nouă metri şi înfigeți-l din nou în pământ cu o anumită înclinație. Legați o piatră mai grea de un fir lung şi subțire şi de capătul bățului. La fel ca la experimentul precedent, puneți-o în mişcare. Firul lung şi piatra grea vor face pendulul să se legene nestânjenit ore în şir.

Dacă urmăriți cu atenție direcția mişcărilor pendulului şi aveți foarte multă răbdare, o să observați că planul în care se leagănă se roteşte uşor. Din punct de vedere pedagogic, cel mai bine ar fi să faceți acest experiment la Polul Nord (sau Sud) geografic. Acolo, rotirea planului în care se leagănă pendulul este completă în 24 de ore. Este o măsurătoare simplă a direcției şi vitezei de rotație a Pământului. În toate celelalte puncte de pe planetă – cu excepția ecuatorului – planul se roteşte, dar tot mai încet pe măsură ce vă îndepărtați de pol spre ecuator. La ecuator, planul de mişcare nu se roteşte deloc. Acest experiment nu doar că arată că Pământul este cel care se roteşte, nu Soarele, dar, în plus, cu ajutorul trigonometriei, puteți răsturna situația, folosind timpul necesar pentru o rotație completă a pendulului pentru a determina şi latitudinea geografică la care vă aflați.

Prima persoană care a făcut asta a fost Jean-Bernard-Léon Foucault, un fizician francez care a efectuat ultimele experimente de laborator cu costuri cu adevărat neînsemnate. În 1851 şi-a invitat colegii la Panteonul din

Paris „ca să vadă cum se roteşte Pământul”. Astăzi, un pendul al lui Foucault se leagănă în fiecare muzeu al ştiinţei şi tehnicii din lume.

Date fiind toate aceste lucruri pe care le putem afla înfigând un băţ în pământ, ce putem spune despre cele mai celebre observatoare preistorice din lume? Din Europa şi Asia până în Africa şi America Latină, studiile asupra culturilor străvechi au dat la iveală numeroase monumente de piatră care serveau drept centre astronomice netehnologizate, deşi e foarte probabil să fi servit şi ca locuri sacre sau să fi avut şi altă însemnătate culturală.

De exemplu la Stonehenge, în dimineaţa solstiţiului de vară, câteva pietre din cercurile concentrice sunt aliniate perfect cu răsăritul. Altele sunt aliniate cu punctele de răsărit şi apus ale Lunii. Construit probabil în jurul anului 3100 î.Hr. şi modificat de-a lungul următoarelor două milenii, Stonehenge este alcătuit din monoliţi ciopliţi la mare depărtare de Câmpia Salisbury din sudul Angliei, locul în care se află monumentul.

Aproximativ optzeci de coloane de piatră, fiecare cu o greutate de câteva tone, au fost aduse din masivul Preseli, aflat la aproximativ 400 de kilometri distanţă. Pietrele din aşa-zisul „cerc Sarsen”, care cântăresc fiecare 50 de tone, provin din depresiunea Marlborough, aflată la o distanţă de numai 30 de kilometri.

S-a scris mult despre semnificaţia ansamblului de la Stonehenge. Istoricii şi observatorii de ocazie sunt impresionaţi de cunoştinţele astronomice ale acelui popor străvechi, dar şi de abilităţile demonstrate prin transportarea unor astfel de greutăţi pe asemenea distanţe. Unii observatori mai fantezişti sunt atât de impresionaţi, încât atribuie realizarea monumentului unei intervenţii extraterestre în timpul construcţiei.

Rămâne un mister motivul pentru care civilizația care a construit Stonehenge nu a folosit piatră din apropiere. Dar abilitățile şi cunoştințele demonstrate la ridicarea lui nu mai sunt un mister. Fazele importante ale construcției au durat câteva sute de ani. Poate că planificarea a luat şi ea o sută de ani. Într-o jumătate de mileniu se poate construi orice, indiferent care ar fi distanța de la care este adusă piatra. În plus, cunoştințele astronomice necesare pentru Stonehenge nu sunt mult mai profunde decât cele care pot fi descoperite cu ajutorul unui băț înfipt în pământ.

Poate că aceste observatoare antice îi impresionează pe contemporanii noştri fiindcă aceştia nu au habar de mişcarea Soarelui, a Lunii sau a stelelor. Suntem prea ocupați să ne uităm la ecranele televizoarelor ca să mai urmărim ce se întâmplă pe cer. Pentru noi, alinierea unor stânci pe baza unor tipare cosmice pare o ecuație einsteiniană. Dar o civilizație cu adevărat misterioasă ar fi aceea care nu ar lăsa nicio urmă culturală sau arhitecturală a studierii cerului.

SECȚIUNEA II

CUNOAȘTEREA NATURII

PROVOCAREA DE A DESCOPERI DIN CE ESTE ALCĂTUIT COSMOSUL

6. O CĂLĂTORIE DIN CENTRUL SOARELUI

În viața de zi cu zi nu ne gândim prea des la călătoria unei raze de lumină din miezul Soarelui, de unde își are originea, până la suprafața Pământului, unde poate ateriza pe fesele unei persoane întinse la plajă. Partea simplă este plimbarea de 500 de secunde cu viteza luminii de la Soare la Pământ prin vidul spațial interplanetar. Partea mai grea este aventura de un milion de ani pentru a răzbate din centrul Soarelui până la suprafața lui.

În miezul stelelor, de pe la 10 milioane de grade Kelvin – dar, în cazul Soarelui, de la 15 milioane –, nucleele de hidrogen, deposedate de singurul lor electron, ajung la viteze suficient de mari pentru a-și înfrânge aversiunea naturală și a intra în coliziune. Din materie este creată energie prin fuziunea termonucleară care produce un nucleu de heliu (He) din patru nuclee de hidrogen (H). Sărind peste pașii intermediari, Soarele spune pur și simplu:

4H → He + energie
Și s-a făcut lumină.

De fiecare dată când este creat un nucleu de heliu, sunt produse particule de lumină numite „fotoni”. Acestea conțin suficientă energie pentru a deveni raze gamma, forma de lumină cu cea mai mare energie conform clasificării pe care o avem noi la dispoziție. Născuți în mișcare cu viteza luminii (299792 kilometri pe secundă), fotonii razelor gamma își încep involuntar drumul către suprafața Soarelui.

Un foton asupra căruia nu intervine nimic altceva se va mișca întotdeauna în linie dreaptă. Dar dacă îi stă ceva în cale, este fie abătut, fie absorbit și emis din nou. Un foton proiectat într-o anumită direcție cu o anumită energie poate avea orice soartă. Dată fiind densitatea Soarelui, călătoria în linie dreaptă a unui foton durează în medie mai puțin de a treizecea miliardă parte dintr-o secundă (a treizecea parte dintr-o nanosecundă), suficient pentru ca fotonul să

parcurgă aproximativ un centimetru înainte de a interacționa cu un electron liber sau cu un atom.

După fiecare interacțiune, fotonul o poate apuca înainte, într-o parte sau chiar înapoi. Şi atunci cum reuşeşte un foton care rătăceşte fără țintă să se desprindă şi să părăsească Soarele? Un indiciu primim analizând ce s-ar întâmpla cu o persoană care a consumat destul de mult alcool, care se desprinde de un stâlp de pe trotuar şi începe să păşească la întâmplare în direcții diferite. În mod ciudat, cel mai probabil persoana respectivă nu se va întoarce la stâlp. Dacă paşii sunt făcuți într-adevăr la întâmplare, atunci treptat se va îndepărta de stâlp.

Deşi nu putem prezice exact cât de departe de stâlp se va afla o persoană turmentată după un anumit număr de paşi, putem prezice destul de corect distanța medie parcursă dacă putem convinge suficient de mulți beți să ia parte la un astfel de experiment. Datele obținute o să arate că, în medie, distanța față de stâlp creşte proporțional cu rădăcina pătrată a numărului de paşi. De exemplu, dacă fiecare persoană care participă la experiment face 100 de paşi la întâmplare, distanța medie față de stâlp o să fie de 10 paşi. Dacă subiecții fac 900 de paşi, distanța medie o să fie de numai 30 de paşi.

Cu un pas de numai un centimetru, un foton trebuie să facă aproape 5 cvadrilioane de paşi „la întâmplare” pentru a parcurge 70 de miliarde de centimetri din centrul Soarelui până la suprafață. Distanța liniară totală parcursă este de aproximativ 5 000 de ani-lumină. Bineînțeles, cu viteza luminii un foton ar parcurge această distanță în 5 000 de ani. Dar dacă facem un calcul bazat pe un model mai realist al profilului solar – de exemplu, luând în considerare faptul că aproximativ 90% din masa Soarelui este concentrată într-o zonă care are jumătate din raza stelei, pentru că Soarele gazos se comprimă sub propria greutate – şi adăugăm şi

timpul pierdut cu opririle provocate de absorbție şi re-emisie, durata totală a călătoriei este de aproximativ un milion de ani. Dacă fotonul ar avea cale liberă din centrul Soarelui până la suprafață, călătoria ar dura numai 2,3 secunde.

Încă din anii 1920 ne gândeam că s-ar putea ca un foton să întâmpine rezistență în călătoria lui spre exteriorul Soarelui. Meritul studierii problemei îi aparține strălucitului astrofizician Sir Arthur Stanley Eddington, care, cu educația lui solidă în domeniul fizicii, a cercetat structurile solare. În 1926 a scris *The Internal Constitution of the Stars*, lucrare publicată imediat după descoperirea noului domeniu al fizicii intitulat „mecanica cuantică", dar cu doisprezece ani înainte ca fuziunea termonucleară să fie considerată oficial sursa de energie solară. Considerațiile fluente ale lui Eddington din capitolul introductiv surprind foarte corect esența, dacă nu chiar şi detaliile călătoriei anevoioase a unei unde eterice (a unui foton):

> *Interiorul unei stele este un amalgam de atomi, electroni şi unde eterice. Trebuie să facem apel la cele mai recente descoperiri ale fizicii atomice pentru a putea urmări acest dans complicat... Încercați să vă imaginați această agitație! Atomi zburliți se învârt cu 80 de kilometri pe secundă, iar în această învălmăşeală cele câteva zdrențe rămase din structura lor complicată de electroni sunt smulse de pe ei. Electronii pierduți se reped cu o viteză de o sută de ori mai mare să-şi găsească un alt loc liniştit. Păzea! Într-o zecime de miliard de secundă electronul e bombardat de o mie de aşchii... Apoi... electronul este prins şi ataşat unui atom, iar cariera lui liberă ia sfârşit. Dar numai pentru moment. Nici nu-şi aranjează bine pe piept noul blazon, că o cuantă de unde eterice dă peste el. Urmează o explozie puternică şi pentru electron începe o nouă aventură.* (p. 19)

Entuziasmul lui Eddington în fața acestui subiect sporeşte când identifică undele eterice ca fiind singura componentă în mişcare din Soare:

> *Urmărind scena ne întrebăm dacă acesta este măreţul spectacol al evoluției stelare. Pare un scandal vesel care se lasă cu cioburi. Comedia violentă a fizicii atomice este destul de indiferentă față de idealurile noastre estetice... Atomii şi electronii nu ajung niciodată nicăieri, cu toată graba lor; pur şi simplu îşi schimbă locul. Undele eterice sunt singurele părți ale populației care chiar reuşesc să facă ceva; chiar dacă aparent se agită în toate direcțiile fără vreun scop anume, reuşesc să înainteze încet spre exterior.* (pp. 19-20)

În zona exterioară, care se întinde pe un sfert din raza Soarelui, energia se deplasează în principal prin convecții turbulente, un proces nu foarte diferit de ceea ce se întâmplă într-o oală cu supă de pui care fierbe (orice fel de supă se comportă la fel). Picături de material fierbinte se ridică în timp ce alte picături, de material mai rece, se scufundă. Fără ştirea fotonilor truditori, picătura în care se află se poate scufunda iute mii de kilometri spre interiorul Soarelui, spulberând poate mii de ani de parcurs întâmplător. Bineînțeles, şi reversul este valabil: convecția poate transporta fotoni către suprafață foarte rapid, sporind şansele lor de evadare.

Dar povestea călătoriei făcute de razele gamma nu se termină astfel. Din centrul solar de 15 milioane de grade Kelvin până la suprafața lui de 6 000, temperatura scade în medie cu aproximativ o sutime de grad pe metru. Cu fiecare absorbție şi re-emisie, fotonii de înaltă energie din razele gamma tind să dea naştere mai multor fotoni de joasă energie, chiar cu prețul existenței lor. Aceste acte de altruism continuă până la retrogradarea completă în

spectrul luminii, de la raze gamma la raze X, apoi ultraviolete, vizibile şi infraroşii. Energia unui singur foton din razele gamma este suficientă pentru a zămisli o mie de fotoni de raze X, fiecare dintre aceştia dând naştere altor o mie de fotoni de lumină vizibilă. Cu alte cuvinte, o singură rază gamma se poate transforma foarte uşor în peste un milion de fotoni vizibili şi infraroşii în momentul în care drumul ei împleticit ajunge la suprafaţa Soarelui.

Doar unul dintr-o jumătate de miliard de fotoni care părăsesc Soarele se îndreaptă spre Pământ. Pare puţin, ştiu, dar, date fiind dimensiunea planetei noastre şi distanţa faţă de Soare, reprezintă o porţie corectă. Restul fotonilor se îndreaptă spre alte direcţii.

Apropo, „suprafaţa" gazoasă a Soarelui este definită de stratul în care fotonii noştri ameţiţi fac ultimul pas înainte de a porni prin spaţiul interplanetar. Doar dintr-un astfel de strat lumina poate ajunge la ochii noştri fără obstacole şi ne permite să evaluăm dimensiunile impresionante ale Soarelui. În general, lumina cu lungimi de undă mai lungi izvorăşte din straturi mai profunde ale Soarelui decât lumina cu lungimi de undă mai scurte. De exemplu, diametrul Soarelui este ceva mai mic atunci când îl măsurăm folosind infraroşii decât atunci când îl măsurăm cu lumină vizibilă. Indiferent dacă manualele precizează sau nu, valorile listate de obicei pentru diametrul Soarelui sunt cele obţinute cu lumină vizibilă.

Nu toată energia fecundelor noastre raze gamma se transformă în fotoni de joasă energie. O parte din energie alimentează convecţia turbulentă pe scară largă, care, la rândul ei, produce unde de presiune care fac Soarele să răsune, aşa cum răsună un clopoţel când este mişcat. Monitorizate încontinuu, măsurătorile atente şi precise ale spectrului solar dau la iveală mici oscilaţii care pot fi interpretate cam în acelaşi fel în care geoseismologii

interpretează undele sonore de adâncime provocate de cutremure. Tiparul de vibrație solară este extraordinar de complex, pentru că mai multe moduri de oscilare sunt în funcțiune simultan. Cea mai mare problemă pentru helioseismologi este descompunerea oscilațiilor în părți componente, pentru a deduce în acest fel mărimea şi structura trăsăturilor interne care le-au provocat. O „analiză" similară a vocii dumneavoastră s-ar putea face dacă ați țipa într-un pian deschis. Undele sonore ale vocii ar face să vibreze corzile pianului care au acelaşi tip de frecvențe ca vocea dumneavoastră.

Un proiect coordonat de studiere a fenomenelor de oscilație solară a fost desfăşurat de GONG (un alt acronim simpatic), Global Oscillation Network Group. Observatoare solare cu dotări speciale sunt răspândite pe toate fusurile orare ale planetei (în Hawaii, California, Chile, Insulele Canare, India şi Australia), permițând monitorizarea continuă a oscilațiilor solare. Rezultatele îndelung aşteptate susțin ideile actuale despre structura solară: energia se deplasează prin fotoni care se mişcă la întâmplare în straturile interioare ale stelei şi apoi apare o convecție turbulentă la scară mare în straturile exterioare. Da, anumite descoperiri sunt minunate, pur şi simplu pentru că nu fac altceva decât să confirme ceea ce presupuneam dintotdeauna.

Aventurile eroice din Soare sunt suportate cel mai bine de fotoni, nu de vreo altă formă de energie sau materie. Dacă vreunul dintre noi ar încerca să facă o astfel de călătorie, ar fi, bineînțeles, zdrobit, vaporizat, lăsat fără fiecare electron din atomii care ne alcătuiesc corpul. Dacă dăm la o parte aceste neajunsuri, cred că s-ar putea vinde foarte uşor bilete pentru o astfel de călătorie. Eu mă mulțumesc doar să ştiu povestea. Iar când stau la soare, simt un respect deplin pentru călătoria întreprinsă de toți

fotonii care ajung pe corpul meu, indiferent pe ce parte anatomică a mea aterizează.

7. PARADA PLANETELOR

În studiul cosmosului este greu să găsim o poveste mai bună decât istoria de secole a încercărilor de a înțelege planetele – acele corpuri rătăcitoare de pe cer care se profilează pe fundalul înstelat. Dintre cele opt obiecte ale sistemului nostru solar care sunt indiscutabil planete, cinci pot fi văzute uşor cu ochiul liber şi sunt cunoscute din vechime, încă de pe vremea în care trăiam în peşteri. Fiecare dintre cele cinci – Mercur, Venus, Marte, Jupiter şi Saturn – a fost înzestrată cu personalitatea zeității după care a fost botezată. De exemplu, Mercur, care se mişcă cel mai repede pe fundalul stelar, a primit numele zeului roman mesager, ilustrat de obicei ca purtător de aripi mici şi aerodinamice, inutile, la călcâie sau la acoperământul de pe cap. Marte, singura dintre rătăcitoarele clasice (cuvântul grecesc *planete* înseamnă „rătăcitoare") care are o nuanță roşiatică, a primit numele zeului roman al războiului şi al vărsării de sânge. Pământul este vizibil şi el cu ochiul liber. Este suficient să priviți în jos. Dar *terra firma* nu a fost plasat în gaşca planetelor până după anul 1543, când Copernic a propus modelul lui de univers în centrul căruia se află Soarele.

Pentru cei care nu dispun de un telescop, planetele au fost şi rămân doar puncte de lumină care traversează cerul. Abia în secolul al XVII-lea, odată cu răspândirea telescoapelor, astronomii au descoperit că planetele sunt sferice. Abia în secolul XX au fost cercetate mai de aproape cu ajutorul sondelor spațiale. Şi abia spre sfârşitul secolului XXI este posibil ca oamenii să le viziteze.

Prima întâlnire telescopică a umanității cu rătăcitoarele a avut loc în iarna dintre 1609 şi 1610. Auzind de o invenție olandeză din 1608, Galileo Galilei şi-a făcut singur un telescop prin care a văzut că planetele sunt sferice şi că ar putea fi alte lumi. Una dintre ele, strălucitoarea Venus, trecea prin faze, la fel ca Luna: crai-nou, pătrar şi plină. O alta, Jupiter, avea luni proprii, iar Galileo a descoperit patru

dintre ele: Ganimede, Callisto, Io şi Europa, toate denumite după personaje din regatul omologului grec al lui Jupiter, Zeus.

Cea mai simplă cale de a explica fazele lui Venus şi celelalte trăsături ale mişcării sale pe cer era aceea de a afirma că planetele execută o mişcare de rotaţie în jurul Soarelui, nu în jurul Pământului. Observaţiile lui Galileo sugerau un univers precum cel imaginat şi teoretizat de Copernic.

Lunile lui Jupiter au dus universul copernican un pas mai departe: chiar dacă telescopul de mică rezoluţie al lui Galileo nu putea mări imaginea lor decât până la dimensiunea unui punct de lumină, nimeni nu mai văzuse vreodată un corp ceresc învârtindu-se în jurul altui corp în afară de Pământ. Era o observare simplă şi corectă a cosmosului, numai că Biserica Catolică şi „bunul-simţ" nu erau pregătite s-o accepte. Cu telescopul său, Galileo a descoperit că dogma conform căreia Pământul ocupă o poziţie centrală în cosmos – punctul în jurul căruia se învârt toate obiectele – este contradictorie. Galileo şi-a anunţat descoperirile încă din 1610, în mica, dar foarte importanta lucrare *Sidereus Nuncius* („Mesagerul înstelat").

Odată ce modelul copernican a fost acceptat, aranjamentul ceresc a putut fi numit legitim „sistem solar", iar Pământul şi-a ocupat locul cuvenit printre cele şase planete cunoscute. Nimeni nu-şi imagina că pot fi mai mult de şase. Nici măcar astronomul englez Sir William Herschel, care a descoperit-o pe a şaptea în 1781.

De fapt, meritul pentru prima observare atestată a celei de-a şaptea planete este al astronomului englez John Flamsteed, primul astronom regal britanic. Dar în 1690, când a observat prima oară obiectul, Flamsteed nu şi-a dat seama că se mişcă. A presupus că era doar o altă stea de pe

cer şi a numit-o 34 Tauri. Când Herschel a văzut că „steaua” lui Flamsteed se deplasează pe fundalul stelar, a anunțat – pornind de la presupoziția neinspirată că planetele nu sunt pe lista lucrurilor care ar putea fi descoperite – că a descoperit o cometă. În fond, depre comete se ştia că se mişcă şi că pot fi descoperite. Herschel intenționa să boteze noul corp ceresc Georgium Sidus („Steaua lui George”), după protectorul lui, regele George al III-lea al Angliei. Dacă astronomii i-ar fi respectat dorința, din registrul sistemului nostru solar ar fi făcut parte astăzi Mercur, Venus, Pământ, Marte, Jupiter, Saturn şi George. Contrar intenției inițiale dominate de servilism, obiectul a fost botezat până la urmă Uranus, pentru a fi în ton cu numele clasice ale celorlalte, cu toate că unii astronomi americani şi francezi l-au numit „planeta lui Herschel” până în 1850, la câțiva ani după descoperirea celei de-a opta planete, Neptun.

Cu timpul, telescoapele au devenit tot mai mari şi mai puternice, dar detaliile pe care astronomii le puteau distinge nu au ajuns la un grad de finețe foarte ridicat. Dat fiind că toate aceste instrumente, indiferent de dimensiuni, presupuneau observarea planetelor prin atmosfera turbulentă a Pământului, chiar şi cele mai bune imagini erau puțin cam tulburi. Dar asta nu i-a împiedicat pe observatorii îndrăzneți să descopere lucruri ca Marea Pată Roşie de pe Jupiter, inelele lui Saturn, calota de gheață de pe Marte şi zeci de luni planetare. Totuşi, cunoştințele noastre despre planete erau puține, iar acolo unde pândeşte ignoranța, şi frontierele descoperirii şi imaginației stau ascunse.

Să studiem cazul lui Percival Lowell, un astronom şi om de afaceri american foarte imaginativ care a făcut cercetări la sfârşitul secolului al XIX-lea şi începutul secolului XX. Numele lui Lowell este legat pentru totdeauna de „canalele”

de pe Marte şi de „spiţele” de pe Venus, de căutarea planetei X şi, desigur, de Observatorul Lowell din Flagstaff, Arizona. La fel ca atâţia alţi cercetători din lume, Lowell a adoptat propunerea că urmele liniare vizibile pe suprafaţa lui Marte sunt *canali*, idee pusă în circulaţie la sfârşitul secolului al XIX-lea de astronomul italian Giovanni Schiaparelli.

Problema nu a fost aceea că termenul înseamnă „canale”, ci traducerea lui Lowell, care le-a luat drept „canale artificiale”, considerându-le asemănătoare cu proiectele de acest gen de pe Pământ. Imaginaţia lui Lowell a luat-o razna. S-a apucat să studieze şi să cartografieze reţeaua de canale de la suprafaţa planetei roşii, fiind sigur (sau cel puţin crezând cu tărie) că a fost construită de o civilizaţie marţiană avansată. A considerat că oraşele marţiene au rămas fără apă şi au săpat aceste canale pentru a transporta apa de la bine-cunoscutele calote polare de gheaţă către zonele ecuatoriale, mai intens populate. Povestea era apetisantă şi a ajutat la apariţia multor scrieri avântate.

Lowell era fascinat şi de Venus, ai cărei nori permanenţi şi cu o mare capacitate de a reflecta lumina o fac să fie unul dintre cele mai strălucitoare obiecte de pe cerul nopţii. Venus gravitează relativ aproape de Soare, aşa că, de îndată ce Soarele apune – sau imediat înainte de a răsări –, apare, atârnând în toată splendoarea penumbrei. Şi pentru că cerul în penumbră poate fi destul de colorat, întotdeauna sunt o mulţime de apeluri la numărul unic de urgenţă care raportează prezenţa la orizont a unui OZN împodobit cu lumini.

Lowell a susţinut că Venus are o reţea uriaşă de spiţe radiale (alte *canali*) care pornesc dintr-o zonă centrală. Spiţele văzute de el rămân o enigmă. De fapt, nimeni n-a putut confirma vreodată ce a văzut el pe Marte sau pe Venus. Dar asta nu i-a deranjat pe ceilalţi astronomi, fiindcă

toată lumea ştia că observatorul construit de Lowell în vârful muntelui era unul dintre cele mai bune din lume. Aşa că, dacă nu vedeai activitatea marțiană pe care o vedea Percival, asta se întâmpla pur şi simplu pentru că telescopul şi muntele tău nu erau la fel de bune ca ale lui.

Desigur, nici după ce telescoapele au devenit mai puternice, descoperirile lui Lowell nu s-au confirmat. Episodul este considerat astăzi unul în care impulsul de a crede a subminat nevoia de a obține date exacte şi rezonabile. Şi, în mod curios, abia în secolul XXI s-a putut explica ce se întâmpla la Observatorul Lowell.

Un optometrist din Saint Paul, Minnesota, pe nume Sherman Schultz, a scris un răspuns la un articol apărut în numărul din iulie 2002 al revistei *Sky and Telescope*. Schultz a arătat că reglajele optice preferate de Lowell pentru studierea suprafeței venusiene erau similare cu ale dispozitivelor folosite de oculişti pentru cercetarea interiorului ochiului. După ce s-a consultat şi cu alți colegi, autorul a înțeles că ce a văzut Lowell pe Venus era de fapt o rețea de umbre proiectate de vasele de sânge din propria retină. Dacă punem alături diagrama spițelor văzute de Lowell şi diagrama ochiului potrivirea este perfectă – un canal pentru fiecare vas de sânge. Iar dacă adăugăm aici şi amănuntul nefericit că Lowell avea hipertensiune – care afectează clar şi vasele de sânge ale ochiului – împreună cu dorința lui de a crede, nu mai este nimic surprinzător în descoperirea faptului că Venus şi Marte sunt pline-ochi de locuitori inteligenți, având la îndemână tot felul de posibilități tehnologice.

Din păcate, Lowell s-a descurcat doar cu puțin mai bine în privința căutării planetei X, despre care se credea că se află dincolo de Neptun. Planeta X nu există, aşa cum a demonstrat fără echivoc astronomul E. Myles Standish Jr. la jumătatea anilor 1990. Dar Pluto, descoperită la

Observatorul Lowell în februarie 1930, la vreo treisprezece ani după moartea lui Lowell, i-a ţinut locul o vreme. Totuşi, la câteva săptămâni după marele anunţ al Observatorului, câţiva astronomi au început dezbaterea pe tema statutului de planetă al noii descoperiri. Dată fiind decizia noastră de la Rose Center for Earth and Space de a considera că Pluto este mai degrabă cometă decât planetă, am intrat şi eu în dezbaterea respectivă, fără să vreau. Vă asigur că încă nu s-a terminat. Noi, cei care îi negăm statutul de planetă, susţinem că este orice altceva – asteroid, planetoid, planetezimal, planetezimal uriaş, planetezimal de gheaţă, planetă minoră, planetă pitică, cometă gigantică, obiect din Centura Kuiper, obiect transneptunian, bulgăre de metan, căţeluşul prostănac al lui Mickey Mouse –, numai a noua planetă nu. Pluto este prea mic, prea uşor, prea îngheţat, prea excentric în orbita lui, prea neadecvat. Şi, apropo, spunem acelaşi lucru şi despre pretendenţii recenţi, inclusiv cele trei sau patru obiecte descoperite dincolo de Pluto care sunt comparabile cu el în privinţa dimensiunilor şi a bunelor maniere.

Vremurile şi tehnologia au mers mai departe. Au venit anii 1950, cu observarea undelor radio şi fotografii mai bune, care au dat la iveală lucruri fascinante despre planete. În anii 1960 oameni şi roboţi deopotrivă au părăsit Pământul şi au făcut fotografii cu planetele pentru albumul de familie. Cu fiecare descoperire şi cu fiecare fotografie, vălul ignoranţei s-a ridicat puţin mai sus.

S-a dovedit că Venus, numită astfel după zeiţa frumuseţii şi a iubirii, are o atmosferă densă, aproape opacă, alcătuită în principal din dioxid de carbon, şi că are o presiune atmosferică de aproape o sută de ori mai mare decât cea de pe Pământ la nivelul mării. Mai mult, temperatura aerului de la suprafaţă se apropie de 500 de

grade Celsius. Poți coace o pizza uriaşă în şapte secunde, ținând-o pur şi simplu în aerul de acolo. (Am făcut calculele.) Astfel de condiții extreme pun probleme explorărilor spațiale, fiindcă orice am trimite pe Venus o să fie zdrobit, topit sau vaporizat în câteva clipe. Dacă vrem să culegem date despre suprafața acestui loc abandonat trebuie să trimitem acolo un obiect rezistent la căldură sau foarte rapid.

Apropo, nu e deloc accidental faptul că Venus este foarte fierbinte. Are un efect de seră păcătos, indus de dioxidul de carbon din atmosferă, care captează energia infraroşie. Aşa că, deşi învelişul de nori al planetei reflectă cea mai mare parte a luminii vizibile primite de la Soare, rocile şi solul de la suprafață absorb puținul care traversează învelişul. Apoi acelaşi teren radiază din nou lumina vizibilă transformată în lumină infraroşie, care se acumulează continuu în atmosferă, creând astfel la un moment dat – şi apoi menținând – un formidabil cuptor pentru pizza.

Dacă am găsi forme de viață pe Venus, ar trebui să le spunem „venusieni”, aşa cum celor de pe Marte ar trebui să le spunem „marțieni”. Dar, conform regulilor de formare a genitivului în latină, a fi „a lui Venus” înseamnă a fi „veneric”. Din nefericire, medicii au descoperit acest cuvânt înaintea astronomilor. Presupun că nu le putem găsi vreo vină pentru asta. Bolile venerice precedă cu mult astronomia, care este doar a doua cea mai veche profesie.

Restul sistemului solar continuă să ne devină din ce în ce mai familiar, de la o zi la alta. Prima navă spațială care a trecut pe lângă Marte a fost Mariner 4, în 1965. Ne-a transmis primele imagini cu Planeta Roşie luate de aproape. Dacă facem abstracție de închipuirile lui Lowell, înainte de 1965 nimeni nu ştia cum arată suprafața lui Marte. Se ştia doar că este roşiatică, are calote polare de gheață şi zone

mai luminoase sau mai întunecate. Nimeni nu ştia că are munţi sau un sistem foarte întins de canioane mai adânci şi mai lungi decât Marele Canion. Nimeni nu ştia că a avut vulcani mult mai mari decât cel mai mare de pe Pământ – Mauna Kea, din Hawaii –, chiar dacă îl măsurăm pe acesta pornind de la fundul oceanului.

Nu puține sunt dovezile că pe suprafața lui Marte a curs cândva apă: planeta are albii ondulate (şi secate) lungi cât aceea a Amazonului, rețele de afluenți (secate), delte fluviale (secate) şi văi care erau inundate (şi acestea secate, la rândul lor). Vehiculele care explorează planeta croindu-şi drum prin suprafața prăfoasă presărată cu roci au confirmat prezența la sol a unor minerale care se formează doar în prezența apei. Da, peste tot sunt urme ale apei, dar nu există niciun strop de apă de băut.

Marte şi Venus au pățit ceva rău. Ni s-ar putea întâmpla şi nouă ceva la fel? Specia noastră intervine tot mai insistent în mediul înconjurător, fără să se gândească prea mult la consecințe. Cine şi-ar fi putut pune pe Pământ întrebări în privința asta înainte ca Marte şi Venus, cei mai apropiați vecini ai noştri, să ne oblige să luăm aminte la ceea ce facem?

Pentru o perspectivă mai bună asupra planetelor îndepărtate avem nevoie de sonde spațiale. Prima navă care a părăsit sistemul solar a fost Pioneer 10, lansată în 1972, urmată de sora sa geamănă, Pioneer 11, lansată în 1973. Ambele au trecut de Jupiter după doi ani, făcând în drum şi un tur de onoare. În curând vor ajunge la 16 miliarde de kilometri de Pământ, mai mult decât dublul distanței dintre noi şi Pluto.

Totuşi, când au fost lansate, Pioneer 10 şi 11 nu aveau suficientă energie pentru a depăşi cu mult planeta Jupiter. Cum poate o navă spațială să ajungă mai departe decât îi

permite rezerva de energie? Stabileşti ţinta, aprinzi motoarele şi îi dai drumul către destinaţie, printre fluxurile de forţe gravitaţionale emise de orice corp din sistemul solar. Şi, pentru că astrofizicienii calculează cu multă precizie traiectoria, sondele pot câştiga energie prin diferite manevre de genul „praştie", cu care este absorbită energia orbitală a planetelor vizitate. Specialiştii în dinamică orbitală au devenit atât de iscusiţi în astfel de pase gravitaţionale, încât ar putea face invidios orice jucător de biliard.

Pioneer 10 şi 11 ne-au trimis imagini cu Jupiter şi Saturn mai bune decât cele pe care am reuşit noi să le facem vreodată de pe suprafaţa Pământului. Dar au fost navele gemene Voyager 1 şi 2 – lansate în 1977 şi echipate cu aparatură specială pentru experimente ştiinţifice şi fotografii – cele care au transformat planetele mai îndepărtate în legende. Voyager 1 şi 2 au adus sistemul solar în casele unei întregi generaţii de cetăţeni ai lumii. Una dintre surprizele acestor călătorii a fost descoperirea faptului că lunile planetelor îndepărtate sunt diferite una de alta şi la fel de fascinante ca planetele. Astfel, sateliţii planetari au promovat de la statutul de puncte obişnuite de lumină la acela de lumi demne de atenţia şi afecţiunea noastră.

La momentul la care scriu, nava orbitală Cassini, lansată de NASA, continuă să dea ocol planetei Saturn, cu scopul de a studia planeta, ciudatul ei sistem de inele şi numeroasele sale luni. Ajunsă în apropierea lui Saturn după patru pase gravitaţionale, Cassini a reuşit să lanseze o sondă-fiică numită Huygens, proiectată de Agenţia Spaţială Europeană şi botezată astfel în onoarea astronomului olandez Christiaan Huygens, cel care a descoperit pentru prima oară inelele lui Saturn. Sonda a coborât în atmosfera celui mai mare satelit al lui Saturn-Titan –, singura lună cu atmosferă densă din sistemul nostru solar. Compoziţia

chimică a suprafeței lui Titan, bogată în molecule organice, ar putea fi cea mai bună analogie cu Pământul timpuriu, prebiotic. Astăzi se proiectează alte misiuni NASA complexe care vor face acelaşi lucru şi cu Jupiter, permițând o cercetare susținută a planetei şi a celor peste 70 de luni ale ei.

În 1584, în cartea lui *Despre infinit, univers şi lumi*, călugărul italian Giordano Bruno a propus existența a „nenumărați sori" şi a „nenumărate Pământuri care se rotesc în jurul acestor sori". Mai mult, pornind de la premisa unui Creator măreț şi omnipotent, el a pretins că pe fiecare dintre aceste Pământuri trăiesc locuitori. Pentru acestea şi alte afirmații blasfematoare, Biserica Catolică l-a ars pe rug.

Şi totuşi Bruno nu a fost nici primul şi nici ultimul care a venit cu o versiune a unor astfel de idei. Linia lungă a predecesorilor lui se întinde de la filosoful grec Democrit, care a trăit în secolul al V-lea î.Hr., şi până la cardinalul din secolul al XV-lea Nicolaus Cusanus. Printre succesori se numără personaje ca filosoful Immanuel Kant (secolul al XVIII-lea) şi romancierul Honoré de Balzac (secolul al XIX-lea). Bruno a avut pur şi simplu ghinionul să se nască într-o vreme în care pentru astfel de idei puteai fi executat.

În secolul XX astronomii s-au gândit că ar putea exista şi pe alte planete viață precum cea de pe Pământ, dar numai dacă planetele respective gravitează în jurul soarelui lor la o „distanță locuibilă" – într-o zonă din spațiu care să nu fie nici prea apropiată de soare, pentru că apa s-ar evapora, dar nici prea îndepărtată, pentru că apa ar îngheța. Fără îndoială că viața, aşa cum o cunoaştem noi, are nevoie de apă lichidă, dar toți au presupus că viața are nevoie şi de lumina unei stele ca sursă primară de energie.

Apoi s-a descoperit că, la fel ca şi alte obiecte din afara sistemului nostru solar, Io şi Europa, două dintre lunile lui

Jupiter, sunt încălzite de alte surse de energie decât Soarele. Io este locul cu cea mai mare activitate vulcanică din sistemul solar. Aruncă în atmosferă gaze sulfuroase şi scuipă lavă în stânga şi-n dreapta. Suntem aproape siguri că Europa are sub suprafaţa îngheţată un ocean vechi de un miliard de ani. În ambele cazuri, tensiunea exercitată de atracţia lui Jupiter asupra acestor corpuri cereşti solide pompează în ele energie, topind gheaţa şi dând naştere unor medii în care se poate supravieţui independent de energia solară.

Chiar şi aici, pe Pământ, există organisme – numite „extremofile" – care supravieţuiesc în condiţii care pentru oameni sunt neprielnice. Conceptul de zonă locuibilă conţinea prejudecata iniţială că temperatura ambientală trebuie să fie propice vieţii. Dar există organisme cărora le plac băile fierbinţi de câteva sute de grade şi consideră temperatura ambientală de-a dreptul ostilă. Pentru ele, noi suntem extremofilii. În multe locuri de pe Pământ în care până acum s-a considerat că nu poate exista viaţă, aceste creaturi se simt ca acasă, de pildă pe fundul Văii Morţii, în hornurile termale din adâncul oceanelor, în locurile de depozitare a deşeurilor nucleare, şi asta ca să numim doar câteva dintre ele.

Ştiind că viaţa poate să apară în locuri mult diferite de cele imaginate de noi până acum, astrobiologii au extins conceptul iniţial şi mult mai restrâns de zonă locuibilă. Astăzi ştim că astfel de zone pot fi considerate şi cele în care pot apărea proaspăt descoperitele paradisuri ale vieţii microbiene, împreună cu sursele de energie care întreţin o astfel de viaţă. Şi, aşa cum au bănuit Giordano Bruno şi alţii, lista planetelor exosolare continuă să crească în salturi. Deocamdată sunt peste 150, aproape toate descoperite în ultimul deceniu.

Încă o dată înviem ideea că viața poate exista oriunde, aşa cum şi-au imaginat şi strămoşii noştri. Doar că astăzi facem asta fără a risca să fim sacrificați. Tocmai am aflat că viața este foarte rezistentă şi că zona locuibilă s-ar putea să fie la fel de întinsă ca universul însuşi.

8. VAGABONZII SISTEMULUI SOLAR

Timp de sute de ani, inventarul vecinilor noştri celeşti a fost destul de stabil. Includea Soarele, stelele, planetele, o mână de luni planetare şi cometele. Nici măcar adăugarea în listă a unei planete sau două nu a schimbat organizarea de bază a sistemului.

Dar în prima zi a anului 1801 a apărut o categorie nouă: asteroizii, botezaţi astfel în 1802 de astronomul John Herschel, fiul lui Sir William, cel care a descoperit planeta Uranus. În următoarele două secole, albumul de familie al sistemului solar s-a umplut de informaţii, fotografii şi poveşti de viaţă ale asteroizilor, pe măsură ce astronomii au descoperit tot mai mulţi astfel de vagabonzi şi le-au identificat mediul, le-au estimat compoziţia şi dimensiunile, le-au detectat forma, le-au calculat orbita şi chiar au trimis sonde spre ei. Unii cercetători au sugerat că asteroizii sunt rude ale cometelor, ba chiar ale lunilor planetare. Chiar în acest moment există ingineri şi astrofizicieni care pun la cale metode de a deturna un astfel de vagabond în cazul în care ar avea de gând să ne facă o vizită fără invitaţie.

Pentru a înţelege aceste obiecte mici din sistemul nostru solar trebuie să ne uităm mai întâi la cele mai mari, şi anume la planete. Un lucru curios în ceea ce le priveşte este o regulă matematică destul de simplă, propusă în 1766 de un astronom prusac pe nume Johann Daniel Titius. Câţiva ani mai târziu, Johann Elert Bode, colegul lui Titius, a început să vorbească despre această regulă, fără a i-o atribui însă lui Titius. Astăzi este numită „legea Titius-Bode” sau chiar „legea Bode”, ignorându-se chiar la invocarea ei orice merit al primului învăţat. Formula lor destul de simplă furniza estimări destul de corecte ale distanţelor dintre planete şi Soare, cel puţin pentru planetele descoperite până atunci: Mercur, Venus, Pământ, Marte, Jupiter şi Saturn. De fapt, în 1781 cunoaşterea legii Titius-Bode a fost utilă în

descoperirea planetei Neptun, a opta planetă de la Soare. Impresionant. Aşadar, legea fie este doar o simplă coincidenţă, fie conţine nişte informaţii fundamentale despre modul în care s-a format sistemul nostru solar.

Totuşi, nu este perfectă.

Problema numărul 1: Trebuie să trişăm puţin pentru a obţine distanţa corectă în cazul lui Mercur, punând un 0 acolo unde formula cere un 1,5. Problema numărul 2: Neptun, a opta planetă, e mult mai departe decât spune formula, gravitând aproximativ în locul în care ar trebui să se găsească a noua planetă. Problema numărul 3: Pluto, pe care unii insistă să-o numească „planetă”[1], este departe de calculul aritmetic, găsindu-se în cu totul alt loc.

Legea mai prevede şi că o planetă ar trebui să graviteze între Marte şi Jupiter, la aproximativ 2,8 unităţi astronomice[2] de Soare. Încurajaţi de descoperirea planetei Uranus la o distanţă aproximativ egală cu cea prezisă de legea Titius-Bode, astronomii de la sfârşitul secolului al XVIII-lea s-au gândit că n-ar fi rău să cerceteze şi zona de la 2,8 unităţi astronomice de soare. Şi, bineînţeles, în prima zi a anului 1801, astronomul italian Giuseppe Piazzi, fondatorul Observatorului din Palermo, a descoperit ceva acolo. Ulterior a dispărut în lumina soarelui, dar exact după un an, cu ajutorul calculelor strălucite ale matematicianului german Carl Friedrich Gauss, noul obiect a fost redescoperit într-o altă parte a cerului. Toată lumea era încântată: triumful matematicii şi al telescoapelor – se descoperise o nouă planetă. Piazzi a numit-o Ceres (ca în „cereale”), după numele zeiţei romane a agriculturii, păstrând tradiţia botezării planetelor după numele unor divinităţi ale Romei Antice.

Dar când au cercetat cu mai multă atenţie şi au calculat orbita, distanţa faţă de soare şi strălucirea sa, astronomii au descoperit că noua „planetă” este minusculă.

În următorii ani au fost descoperite în aceeaşi zonă alte trei planete minuscule: Pallas, Juno şi Vesta. A fost nevoie de câteva decenii, dar până la urmă termenul lui Herschel – „asteroid” („asemănător cu o stea”) – a început să prindă, fiindcă, spre deosebire de planete, care apăreau în telescoapele de atunci ca nişte discuri, obiectele proaspăt descoperite nu se deosebeau de stele decât prin mişcare. Observaţiile ulterioare au scos la iveală o mulţime de asteroizi. La sfârşitul secolului al XIX-lea fuseseră descoperiţi 464 în zona rezidenţială celestă situată la aproximativ 2,8 unităţi astronomice de Soare. Şi fiindcă zona în care se găseau era o bandă compactă, nu o mulţime de traiectorii fără noimă, ca ale albinelor în jurul stupului, a fost numită „centură de asteroizi”.

Astăzi, au fost catalogaţi zeci de mii de asteroizi şi în fiecare an se mai descoperă câteva sute. După unele estimări, există peste un milion cu un diametru de până la un kilometru. După câte ştim, chiar dacă zeii şi zeiţele romanilor duceau o viaţă complicată, nu au avut 10 000 de prieteni, aşa că astronomii au fost obligaţi de mult să renunţe la acea sursă de nume. Aşa că astăzi asteroizii primesc nume de actori, pictori, filosofi, dramaturgi, oraşe, ţări, dinozauri, flori, anotimpuri şi de tot soiul de alte lucruri. Există chiar şi asteroizi cu nume de oameni obişnuiţi: 1744 Harriet, 2316 Jo-Ann, 5051 Ralph. Numărul indică secvenţa în care s-a stabilit ferm că gravitează asteroidul respectiv. David H. Levy, un astronom amator născut în Canada, care este sfântul ocrotitor al vânătorilor de comete, dar şi cel care a descoperit o mulţime de asteroizi, a fost destul de amabil să dea unuia dintre asteroizii descoperiţi de el numele meu. Se numeşte 13123 Tyson. A făcut asta la scurtă vreme după deschiderea Rose Center for Earth and Space, o întreprindere de 240 de milioane de dolari proiectată doar pentru aducerea

universului pe pământ. Am fost mişcat profund de gestul lui David şi am învățat imediat informațiile orbitale ale lui 13123 Tyson, care se numără printre ceilalți asteroizi din centura principală. Am descoperit că are o traiectorie care nu o intersectează pe cea a Pământului, aşa că nu pune în pericol existența vieții pe planeta noastră. E bine să verifici chestiile de genul ăsta.

Ceres – cel mai mare dintre asteroizi, cu un diametru de peste 900 de kilometri – este singurul cu formă sferică. Ceilalți sunt mult mai mici, simple fragmente diforme, ca nişte oase pentru câini sau chiar cartofi. În mod ciudat, Ceres reprezintă aproape un sfert din masa totală a asteroizilor. Iar dacă adunăm masa tuturor asteroizilor suficient de mari pentru a fi văzuți şi a celor mai mici, a căror existență poate fi dedusă din date, nu ne apropiem de masa unei planete. Ajungem la aproximativ 5% din masa Lunii. Aşadar, predicția făcută de legea Titius-Bode, conform căreia la 2,8 unități astronomice de Soare se ascunde o planetă viguroasă, a fost cam exagerată.

Cei mai mulți asteroizi sunt alcătuiți în întregime din piatră, deşi unii sunt din metal sau dintr-un amestec între cele două. Cei mai mulți se găsesc în ceea ce numim adesea „centura principală”, o zonă dintre Marte şi Jupiter. De obicei se consideră că sunt făcuți din materiale rămase din primele zile ale sistemului solar, care nu au făcut niciodată parte dintr-o planetă. Dar această explicație este în cel mai bun caz incompletă şi nu dă seama de faptul că există asteroizi alcătuiți doar din metal. Pentru a înțelege ce se întâmplă trebuie să ne uităm la obiectele mai mari care s-au format în sistemul solar.

Planetele s-au format dintr-un nor de gaz şi praf îmbogățit cu rămăşițele împrăştiate de o stea bogată în elemente, care a explodat. Norul iscat de implozia stelei a

format o protoplanetă – un bolovan solid care se încălzeşte pe măsura acumulării de material. Cu protoplanetele mai mari se întâmplă două lucruri. Mai întâi, bolovanul tinde să ia forma unei sfere. Apoi, căldura interioară păstrează materialul din protoplanetă – în principal fier, la care se adaugă nişte nichel şi câteva picături de metal ca aurul, cobaltul şi uraniul – în stare incandescentă suficient de mult pentru ca acesta să se scufunde în centrul masei în creştere. Între timp, materia mai uşoară şi mai obişnuită – hidrogen, carbon, oxigen şi siliciu – se ridică spre suprafață. Geologii (care nu se tem de cuvinte plurisilabice) numesc acest proces „diferențiere". Astfel, miezul unei planete diferențiate, cum sunt Pământul, Marte şi Venus, este metalic. Mantaua şi scoarța sunt preponderent rocă şi ocupă un volum mult mai mare decât miezul.

După răcire, dacă o astfel de planetă este distrusă – să zicem prin ciocnirea cu o surată –, fragmentele ambelor continuă să graviteze în jurul Soarelui pe traiectorii apropiate de cele originale, ale obiectelor întregi. Cele mai multe fragmente sunt pietroase, fiindcă provin din straturile groase de rocă din exterior ale celor două obiecte diferențiate, în vreme ce doar câteva sunt alcătuite din metal pur. Acest lucru a fost observat şi în cazul asteroizilor. În plus, o bucată de fier nu ar fi avut cum să se formeze în spațiul interstelar, pentru că atomii de fier din care este alcătuită s-ar fi împrăştiat în norii de gaz care duc la formarea planetelor, compuşi în principal din hidrogen şi heliu. Pentru a concentra atomi de fier, un corp fluid trebuie mai întâi să se diferențieze.

Dar cum ştiu astronomii care se ocupă de sistemul solar că cei mai mulți asteroizi din centura principală sunt din piatră? Şi, în primul rând, cum de ştiu ceva despre ei? Principalul indicator este capacitatea asteroidului de a reflecta lumina, albedoul său. Asteroizii nu emit lumină, ci o

absorb şi o reflectă pe cea a razelor solare. 1744 Harriet absoarbe razele infraroşii? Dar lumina vizibilă? Dar razele ultraviolete? Materialele diferite absorb şi reflectă diferitele tipuri de lumină în alt mod. Dacă vă este cunoscut spectrul luminii solare (aşa cum le este astrofizicienilor, de exemplu) şi studiaţi cu atenţie spectrul luminii reflectate de un asteroid (aşa cum fac ei), vă puteţi da seama cum a fost modificată lumina solară originală, identificând astfel materialele din care este compusă suprafaţa asteroidului. Cunoscând aceste elemente, puteţi şti câtă lumină este reflectată. Cu această informaţie şi cunoscând distanţa puteţi estima dimensiunea asteroidului. În sfârşit, dacă încercaţi să determinaţi gradul de strălucire al unui asteroid pe cer – poate fi mare şi opac sau mic şi foarte reflexiv, sau undeva între aceste variante – nu reuşiţi fără să-i cunoaşteţi compoziţia, doar prin simplă observare.

Această metodă de analiză spectrală a condus la început la o schemă de clasificare a asteroizilor având trei ramuri: de tip C, bogaţi în carbon, de tip S, bogaţi în silicat, şi de tip M, bogaţi în metal. Dar măsurătorile mai precise au diversificat categoriile până la o duzină. Fiecare dintre ele identifică o trăsătură importantă a compoziţiei asteroidului şi trădează proveniența din mai multe corpuri, nu dintr-o singură planetă-mamă care s-a făcut ţăndări.

Dacă ştim compoziţia unui asteroid putem fi destul de încrezători în cunoştinţele despre densitatea lui. În mod curios, anumite măsurători ale dimensiunilor şi masei asteroizilor au arătat că densitatea unora este mai mică decât cea a pietrei. O explicaţie logică ar fi aceea că asteroizii respectivi nu sunt solizi. Ce altceva ar mai putea conţine? Poate gheaţă? Puţin probabil. Centura de asteroizi este suficient de aproape de Soare pentru ca orice substanţă îngheţată (apă, amoniac, dioxid de carbon) cu o densitate mai mică decât a pietrei să se fi evaporat de mult, din cauza

căldurii. Poate că au în componență doar spații goale, în care se găsesc resturi de rocă şi alte reziduuri care se mişcă în tandem.

Prima dovadă furnizată de observații în sprijinul acestei ipoteze a apărut în imaginile asteroidului Ida, care are o lungime de 56 de kilometri şi a fost fotografiat de sonda spațială Galileo în momentul în care aceasta a trecut pe lângă asteroid, pe 28 august 1993. După o jumătate de an a fost observată o mică pată la aproape 100 de kilometri de Ida. S-a dovedit că este o lună cu un diametru de 1,5 kilometri, în formă de pietricică. A fost numită Dactyl şi a fost primul satelit observat care gravitează în jurul unui asteroid. Dar sunt aceşti sateliți o raritate? Dacă un asteroid poate avea un satelit, atunci ar putea avea şi zece sau o sută? Cu alte cuvinte, s-ar putea să descoperim că există asteroizi care sunt de fapt grămezi de pietre?

Răspunsul este un răsunător „Da”. Unii astrofizicieni ar spune chiar că aceste „grămezi de moloz”, cum sunt numite oficial astăzi (încă o dată astrofizicienii au preferat concizia în locul polisilabelor prolixe), sunt destul de obişnuite. Unul dintre exemplele extreme poate fi Psyche, care are un diametru general de aproape 250 de kilometri, iar capacitatea de reflexie sugerează că are o suprafață metalică. Din estimările făcute în privința densității s-ar părea însă că interiorul ar putea fi gol în proporție de peste 70%.

Atunci când cercetăm obiectele din afara centurii principale de asteroizi ajungem repede la restul vagabonzilor din sistemul nostru solar: asteroizi ucigaşi care trec pe lângă Pământ, comete şi miriade de luni planetare. Cometele sunt bulgării cosmosului. De obicei nu au mai mult de câțiva kilometri în diametru şi sunt compuse dintr-un amestec de gheață, praf, gaze înghețate şi diverse alte

particule. De fapt, pot fi chiar asteroizi cu un înveliş de gheaţă care nu s-a evaporat complet. Pentru a decide dacă avem de-a face cu un asteroid sau cu o cometă trebuie să ştim unde s-a format şi unde se află. Înainte ca Newton să publice *Philosophiae naturalis principia mathematica*, în 1687, unde a exprimat legile universale ale gravitaţiei, nimeni nu avea habar că există comete care călătoresc între planete, intrând şi ieşind din sistemul solar pe orbite cu elongaţie foarte mare. Fragmentele de gheaţă formate în zonele exterioare ale sistemului solar, în Centura Kuiper sau dincolo de ea, rămân învelite în gheaţă şi, dacă se află pe o traiectorie care le apropie de Soare, prezintă urme slabe dar foarte vizibile de vapori de apă şi gaze volatile atunci când trec de orbita lui Jupiter. În cele din urmă, după suficiente vizite în sistemul nostru solar (pot fi sute sau chiar mii), o astfel de cometă poate scăpa de toată gheaţa, ajungând rocă pură. O parte dintre asteroizii cu o orbită care se apropie de cea a Pământului, dacă nu chiar toţi, ar putea fi comete „epuizate”, al căror miez solid a rămas să ne bântuie.

Mai există şi meteoriţi, nişte fragmente cosmice zburătoare care aterizează pe Pământ. Faptul că, la fel ca asteroizii, cei mai mulţi meteoriţi sunt alcătuiţi din piatră şi uneori conţin şi metal sugerează că provin din centura de asteroizi. Geologii care au studiat asteroizii descoperiţi în număr tot mai mare şi-au dat seama că nu toate orbitele au de-a face cu centura principală de asteroizi.

Aşa cum celor de la Hollywood le place să ne amintească, într-o bună zi un asteroid (sau o cometă) ar putea intra în coliziune cu Pământul, dar această posibilitate a fost luată serios în considerare abia în 1963, când astrogeologul Eugene M. Shoemaker a demonstrat foarte clar că vastul Crater Barringer, de lângă Winslow, Arizona, ar putea fi rezultatul impactului cu un meteorit cu

50 000 de ani în urmă, nu urmarea vreunei activități vulcanice sau a unei alte forțe geologice pământene.

Aşa cum o să vedem în Partea a şasea, descoperirea lui Shoemaker a declanşat un nou val de curiozitate cu privire la intersectările dintre orbita Pământului şi cea a asteroizilor. În anii 1990, agențiile spațiale au început să monitorizeze obiectele care se apropie de Pământ – comete şi asteroizi cu o orbită „care le-ar permite să ajungă în vecinătatea Pământului", după cum formulează politicos NASA.

Planeta Jupiter joacă un rol important în viața unor asteroizi mai îndepărtați şi a fraților lor. Un balans gravitațional între Jupiter şi Soare a făcut ca întregi familii de asteroizi să se adune cu 60 de grade înainte şi cu 60 de grade în urma lui Jupiter pe orbita solară a acestei planete, formând fiecare un triunghi echilateral cu Jupiter şi cu Soarele. Calculele arată că asteroizii sunt plasați la 5,2 unități astronomice atât de Jupiter, cât şi de Soare. Aceste corpuri sechestrate sunt numite „asteroizi troieni" şi ocupă ceea ce numim „punctele lui Lagrange". Aşa cum o să vedem în capitolul următor, aceste regiuni acționează ca nişte raze tractoare, chemând la ordine asteroizii care se abat din cale.

Jupiter abate, de asemenea, multe comete care se îndreaptă spre Pământ. Cele mai multe provin din Centura Kuiper, care începe de la orbita lui Pluto şi se întinde până mult dincolo de ea. Însă orice cometă suficient de îndrăzneață ca să se apropie destul de Jupiter este aruncată într-o altă direcție. Dacă nu ar fi făcut Jupiter de gardă, Pământul ar fi fost bombardat de comete mult mai des decât s-a întâmplat până acum. De fapt, se consideră că Norul Oort, o populație numeroasă de comete din extremitatea sistemului nostru solar – numit astfel după Jan Oort, astronomul danez care a i-a dovedit pentru prima oară

existența –, este compus din comete provenind din Centura Kuiper şi care au fost aruncate de Jupiter în toate direcţiile. Într-adevăr, orbitele cometelor din Norul Oort se întind pe jumătate către cele mai apropiate stele.

Dar cum rămâne cu lunile planetare? Unele, cum ar fi Phobos şi Deimos, lunile micuțe şi palide în formă de cartof ale lui Marte, par asteroizi capturați. Şi Jupiter are câteva luni înghețate. Pot fi ele considerate comete? Una dintre lunile lui Pluto, Charon, nu e cu mult mai mică decât Pluto însuşi. Şi ambele sunt înghețate. Aşa că poate ar trebui considerate ca fiind o cometă dublă. Sunt sigur că Pluto n-ar fi deranjat nici de varianta asta.

Misiunile spațiale au explorat vreo douăsprezece comete şi asteroizi. Prima a fost NEAR Shoemaker (NEAR este un acronim deştept pentru Near Earth Asteroid Rendezvous), nava americană robotizată de mărimea unui autoturism, care a vizitat asteroidul apropiat Eros, deloc întâmplător chiar înainte de Valentine's Day în 2001. A asolizat cu doar şase kilometri pe oră şi cu aparatura de bord intactă, continuând în mod neaşteptat să transmită date timp de două săptămâni şi oferindu-le geologilor ocazia de a susține destul de întemeiat că Eros, un asteroid lung de 23 de kilometri, este un obiect nediferențiat consolidat, nu o grămadă de moloz.

Printre încercările ulterioare se numără Stardust, care a zburat prin coama – sau norul de praf – din jurul nucleului unei comete, reuşind să culeagă o mulțime de particule minuscule în grilajul colector. Scopul misiunii era simplu: trebuia să aflăm ce fel de praf spațial se găsea acolo şi să colectăm particule fără a le deteriora. Pentru a face asta, NASA a folosit o substanță-minune numită „aerogel", lucrul cel mai apropiat de o stafie din câte s-au inventat vreodată. Este o încrengătură de silicon uscat cu structură

de burete care conține 99,8% aer. Când nimereşte în el cu o viteză supersonică, o particulă pătrunde în structura lui şi la un moment dat se opreşte, rămânând intactă. Dacă am încerca să oprim aceeaşi particulă cu o mănuşă de baseball sau cu orice altceva, particula de praf s-ar izbi de suprafață şi s-ar vaporiza din cauza şocului opririi.

Agenția Spațială Europeană explorează şi ea comete şi asteroizi. Nava Rosetta, pornită într-o misiune de doisprezece ani, o să exploreze timp de doi ani o singură cometă, culegând de aproape mai multă informație despre aceste obiecte decât s-a colectat vreodată, după care va porni mai departe pentru a studia doi asteroizi din centura principală.

Fiecare dintre întâlnirile programate cu aceşti vagabonzi încearcă să adune informații foarte exacte care să ne poată spune ceva despre formarea şi evoluția sistemului nostru solar, despre tipurile de obiecte care îl populează, despre posibilitatea ca anumite molecule organice să fi ajuns pe Pământ printr-un impact, sau despre dimensiunea, forma şi consistența obiectelor din apropierea Pământului. Ca întotdeauna, o înțelegere profundă nu e dată de excesul de detalii din descrierea obiectului, ci de felul în care acesta se conectează la corpul general de cunoştințe pe care le deținem şi care este în continuă expansiune. În cazul sistemului solar, această expansiune vizează căutarea altora similare. Oamenii de ştiință vor să facă o comparație meticuloasă între planetele şi vagabonzii noştri şi planetele şi vagabonzii dintr-un sistem exosolar. Numai în acest fel putem şti dacă viața din familia noastră este normală sau dacă trăim într-o familie solară cu probleme.

9. CELE CINCI PUNCTE ALE LUI LAGRANGE

Prima navă spațială cu echipaj uman la bord care a părăsit vreodată orbita Pământului a fost Apollo 8. Această reuşită rămâne una dintre cele mai remarcabile şi totuşi mai puțin aclamate din secolul XX. La momentul potrivit, astronauții au pornit ultima şi cea mai puternică treaptă a puternicei rachete Saturn V, care a proiectat imediat modulul de comandă cu cei trei ocupanți ai săi la o viteză de aproape 11 kilometri pe secundă. Jumătate din energia de care a fost nevoie pentru a ajunge pe Lună a fost consumată doar pentru a ajunge pe orbita Pământului.

După pornirea celei de-a treia trepte, motoarele nu au mai fost necesare decât pentru ajustările traiectoriei pentru ca astronauții să nu rateze Luna. În 90% din călătoria lor de vreo 400 000 de kilometri, modulul de comandă a încetinit treptat în timp ce gravitația Pământului continua să-l tragă, tot mai slab, înapoi. Între timp se apropiau de Lună, a cărei gravitație devenea tot mai puternică. Aşadar, pe traseu ar trebui să existe un punct în care cele două forțe opuse, ale Lunii şi Pământului, devin egale. Când modulul de comandă a depăşit acel punct din spațiu, viteza a început să crească din nou.

Dacă gravitația ar fi fost singura forță de luat în calcul, atunci punctul respectiv s-ar fi aflat în singurul loc din sistemul Pământ-Lună în care cele două forțe opuse se anulează reciproc. Dar Pământul şi Luna gravitează şi în jurul unui centru comun de gravitație, aflat la aproximativ 1 600 de kilometri sub suprafața Pământului, pe linia imaginară care leagă centrele celor două corpuri. Când se deplasează cu orice viteză în cercuri de orice dimensiune, obiectele creează o forță nouă care împinge spre exteriorul centrului de rotație. Corpul dumneavoastră simte această forță „centrifugă” atunci când luați un viraj strâns cu maşina sau când vă suiți în vreo maşinărie care se învârte în cerc în parcul de distracții. Un exemplu clasic de mişcare

prin care vi se poate face rău este acela în care staţi în picioare pe o placă turnantă circulară, cu spatele către peretele cu care este înconjurată. Când începe să se învârtă, pe măsură ce viteza creşte, simţiţi că o forţă tot mai puternică vă ţintuieşte de perete. La viteză foarte mare, abia vă mai puteţi mişca. La fel se întâmplă şi când vă aflaţi într-o cabină care cade sau se răsuceşte. Când, copil fiind, mă mai urcam în aşa ceva, forţa era atât de mare, încât abia puteam mişca un deget. Palmele mele erau ţintuite de perete, la fel ca restul corpului.

Dacă chiar vi se face rău într-o astfel de situaţie şi întoarceţi capul într-o parte, voma o să zboare pe direcţia tangentei. Ori poate fi lipită de perete. Se poate şi mai rău: dacă nu întoarceţi capul, s-ar putea nici să nu vă iasă din gură, date fiind forţele centrifuge care acţionează în direcţie opusă. (Dacă mă gândesc bine, nu am mai văzut astfel de chestii în ultimul timp. Mă întreb dacă nu cumva au fost scoase în afara legii.)

Forţa centrifugă este consecinţa banală a tendinţei pe care o are un obiect pus în mişcare de a-şi continua deplasarea în linie dreaptă. Prin urmare, nu este o forţă reală. Dar o putem calcula, indiferent cât de dură este. Dacă facem asta, aşa cum a procedat şi strălucitul matematician francez Joseph-Louis Lagrange (1736-1813), descoperim puncte în sistemul de rotaţie Pământ-Lună în care gravitaţia Pământului, gravitaţia Lunii şi forţele centrifuge sunt în echilibru. Acestea se numesc „punctele lui Lagrange” şi sunt în număr de cinci.

Primul punct al lui Lagrange (numit afectuos L1) se află între Pământ şi Lună, puţin mai aproape de Pământ decât punctul de echilibru gravitaţional. Orice obiect plasat acolo poate orbita în jurul centrului de gravitaţie al sistemului Pământ-Lună cu aceeaşi perioadă ca Luna. O să ni se pară că stă pe loc între cele două corpuri cereşti. Chiar dacă în

punctul respectiv toate forțele se anulează, acest prim punct al lui Lagrange oferă un echilibru precar. Dacă obiectul se abate în lateral, cele trei forțe îl aduc înapoi în poziția inițială. Dar dacă obiectul se mişcă direct spre Pământ sau spre Lună, fie şi foarte puțin, cade inevitabil fie pe Pământ, fie pe Lună. Este ca o piatră aşezată în echilibru în vârful unui deal. Nu-i trebuie decât un mic impuls pentru a se rostogoli de o parte sau de cealaltă.

Al doilea şi al treilea punct (L2 şi L3) se află şi ele pe linia Pământ-Lună, dar L2 este dincolo de Lună şi L3 dincolo de Pământ, spre exteriorul sistemului, în direcția opusă. Şi aici cele trei forțe – gravitația Pământului, gravitația Lunii şi forța centrifugă a sistemului de rotație – se anulează reciproc. Un obiect plasat în unul dintre aceste puncte poate gravita în jurul centrului de gravitație al sistemului cu aceeaşi perioadă ca Luna.

Vârfurile de deal reprezentate de L2 şi L3 sunt mult mai plate decât cel reprezentat de L1. Prin urmare, dacă deviați spre Pământ sau spre Lună, nu e nevoie decât de foarte puțină energie pentru a reveni pe poziție.

L1, L2 şi L3 sunt puncte respectabile din spațiu, dar L4 şi L5 sunt premiantele clasei. Unul dintre ele se află la stânga axei centrale Pământ-Lună, iar celălalt, la dreapta ei. Fiecare dintre ele reprezintă vârful unui triunghi echilateral la baza căruia se află de o parte Luna şi de alta Pământul.

La fel ca în cazul gemenelor, în L4 şi L5 forțele se află în echilibru. Dar, spre deosebire de celelalte puncte Lagrange, în care echilibrul este instabil, în L4 şi L5 lucrurile stau altfel. În orice direcție am încerca să ne abatem, forțele ne-ar menține pe poziție. Piatra se află într-o vale dintre două dealuri.

În cazul tuturor celor cinci puncte, dacă obiectul nu este plasat exact în punctul în care forțele se anulează, poziția lui o să oscileze în jurul punctului de echilibru pe o

traiectorie numită „libraţie”. (A nu se confunda cu anumite puncte de pe suprafaţa Pământului în care mintea oscilează din cauza libaţiilor.) Aceste librații sunt echivalentul mişcării înainte şi înapoi a unei mingi care a coborât de pe deal, înainte de a se stabiliza pe fundul văii.

L4 şi L5 sunt ceva mai mult decât curiozităţi orbitale. Sunt locuri speciale în care ar putea fi construite colonii spaţiale. Nu trebuie decât să trimitem materiale de construcţie în zonă (provenite de pe Pământ, dar poate şi de pe Lună sau de pe vreun asteroid), să le lăsăm acolo – nu există riscul să nu le mai găsim – şi să ne întoarcem după altele. După ce adunăm toate materialele în acest mediu cu gravitaţie zero, putem construi o enormă staţie spaţială, de zeci de kilometri. Forţele exercitate asupra structurii sunt foarte mici. Iar dacă învârtim staţia, forţele centrifuge ar putea simula gravitaţia pentru sutele (sau miile) de rezidenţi. Keith şi Carolyn Henson, entuziaşti ai spaţiului, au fondat în august 1975 Societatea L5, tocmai cu acest scop, chiar dacă ne amintim de ea în principal pentru rezonanţa cu ideile profesorului de la Princeton, Gerard K. O’Neill, vizionarul care a promovat prin scrierile sale locuitul în spaţiu (vezi lucrarea sa din 1976 *The High Frontier: Human Colonies in Space*). Societatea L5 avea un singur principiu călăuzitor: „desfiinţarea societăţii în cadrul unei întâlniri desfăşurate în L5”, probabil, un habitat în care urma să declare misiunea „îndeplinită”. În aprilie 1987, Societatea L5 a fuzionat cu Institutul Spaţial Naţional, devenind Societatea Spaţială Naţională, care mai există şi astăzi.

Ideea plasării unei structuri mari în unul dintre punctele de libraţie a apărut încă din 1961 în romanul *A Fall of Moondust*, al lui Arthur C. Clarke. Autorul nu era străin de orbitele speciale. În 1945, a fost primul care a calculat, într-o lucrare de patru pagini scrisă de mână, locul

de deasupra Pământului în care perioada unui satelit se potriveşte cu mişcarea de rotație de 24 de ore a Pământului. Un satelit cu o astfel de orbită pare să „plutească” deasupra Pământului şi este ideal ca releu pentru comunicațiile radio ale celor aflați dedesubt. Astăzi chiar se întâmplă acest lucru, cu sute de astfel de sateliți.

Unde este acest loc magic? Nu este pe o orbită joasă în jurul Pământului. Acolo, Telescopul Spațial Hubble şi Stația Spațială Internațională înconjoară pământul în aproximativ 90 de minute. În acelaşi timp, obiectele care se află la aceeaşi distanță cu Luna au nevoie de aproape o lună pentru un astfel de ocol. Logic, trebuie să existe o distanță intermediară, unde durata să fie de 24 de ore. Asta se întâmplă la 36 000 de kilometri de Pământ.

De fapt, nu e nimic deosebit în sistemul Pământ-Lună. Mai există un set de alte cinci puncte Lagrange în sistemul Soare-Pământ. În acest sistem, favoritul sateliților astrofizici este L2. Punctele Lagrange din sistemul Soare-Pământ orbitează în jurul centrului de gravitație al sistemului cu o perioadă de un an pământesc. La peste un milion şi jumătate de kilometri de Pământ, în direcția opusă Soarelui, un telescop plasat în L2 poate studia cerul 24 de ore din 24, fiindcă Pământul devine un punct neînsemnat. Dimpotrivă, de pe orbita joasă pe care este aşezat Telescopul Spațial Hubble aproape jumătate din perspectivă este blocată de Pământ. Sonda Wilkinson pentru măsurarea anizotropiei microundelor cosmice (numită astfel după fizicianul David Wilkinson, de la Princeton, care a colaborat la proiect) a atins punctul L2 al sistemului Soare-Pământ în 2002 şi timp de câțiva a colectat date despre microundele din cosmos – amprenta omniprezentă a Big Bangului. Vârful de deal din regiunea L2 a sistemului Soare-Pământ este mai întins şi mai plat decât cel din aceeaşi regiune a sistemului

Pământ-Lună. Păstrându-şi numai 10% din combustibilul total, sonda are suficientă energie pentru a rezista acolo în echilibru stabil aproape un secol.

Telescopul James Webb, numit astfel după fostul director al NASA din anii 1960, este proiectat ca un supliment al Telescopului Spațial Hubble. Şi el o să ajungă în punctul L2 al sistemului Soare-Pământ. Chiar şi după ce ajunge acolo, o să rămână suficient spațiu – zeci de mii de kilometri pătrați – pentru alți sateliți.

Un alt satelit NASA, Genesis, oscilează în jurul punctului L1 din sistemul Soare-Pământ, aflat la peste un milion şi jumătate de kilometri spre Soare. Satelitul a cules timp de doi ani şi jumătate materie solară pură, inclusiv particule atomice şi moleculare din vântul solar, apoi le-a trimis înapoi într-o capsulă care a fost recuperată de deasupra statului Utah. A fost studiată compoziția materiei, la fel cum s-a întâmplat şi în cazul prafului colectat de pe comete de misiunea Stardust. Genesis ne poate oferi date despre nebuloasa solară originară din care s-au format Soarele şi planetele. După ce a părăsit punctul L1, capsula cu mostre de materie a făcut un luping în jurul punctului L2 şi a pornit spre Pământ.

Dat fiind că L4 şi L5 sunt puncte de echilibru stabil, am putea presupune că acolo se adună gunoi spațial, transformând zonele respective în locuri destul de periculoase. De fapt, Lagrange a prezis că în punctele L4 şi L5 ale puternicului sistem gravitațional Soare-Jupiter se găsesc astfel de rămăşițe spațiale. Un secol mai târziu, în 1905, a fost descoperită prima familie de asteroizi „troieni”. Astăzi ştim că în punctele L4 şi L5 ale sistemului mii de asteroizi precedă şi urmează planeta pe orbita din jurul Soarelui, cu perioade egale cu a lui Jupiter. Deşi tuturor li se pare că acesta este rezultatul razelor tractoare, asteroizii sunt prizonierii forțelor centrifuge şi gravitaționale ale

sistemului Soare-Jupiter. Bineînțeles, ne-am aştepta să se acumuleze gunoi spațial şi în punctele L4 şi L5 ale sistemului Soare-Pământ şi ale sistemului Pământ-Lună. Aşa şi este, dar cantitatea nu este nici pe departe aceeaşi cu cea din cazul Soare-Jupiter.

Un beneficiu colateral important este acela că traiectoriile interplanetare care pornesc din punctele Lagrange presupun o cheltuială energetică foarte mică pentru a ajunge în alte puncte Lagrange sau pe diferite planete. Spre deosebire de o lansare de la suprafața planetei, unde cea mai mare parte din combustibil este cheltuită pentru ridicarea de la sol, lansarea dintr-un punct Lagrange seamănă cu detaşarea de o stâncă oarecare şi presupune un consum minim de combustibil. Astăzi, în loc să ne gândim la punctele Lagrange ca la posibile poziții pentru stabilirea unor colonii, am putea să le considerăm porți către restul sistemului solar. De exemplu, în punctele sistemului Soare-Pământ suntem la jumătatea drumului către Marte, nu ca distanță sau ca timp, ci din punctul de vedere al combustibilului consumat.

Ne putem imagina o versiune a viitorului călătoriilor în spațiu cu stații de alimentare în toate punctele Lagrange. Acolo călătorii pot face plinul în drum către prieteni sau rude din locuri îndepărtate. Oricât de futurist ar părea, acest model de călătorie nu este chiar deplasat. Fără stații de combustibil presărate pe tot cuprinsul Statelor Unite, automobilul dumneavoastră ar avea nevoie de un rezervor cât racheta Saturn V pentru a vă permite să călătoriți de la o coastă la cealaltă. Cea mai mare parte a volumului şi greutății maşinii ar fi combustibilul, folosit în primul rând pentru transportul a ceea ce a mai rămas de consumat pentru a ajunge la destinație. Pe Pământ nu călătorim aşa. Poate că o să vină vremea când nici pentru călătoriile din spațiu nu vom mai proceda la fel.

10. ANTIMATERIA CA MATERIE

Mi se pare că fizica particulelor are cel mai comic jargon dintre toate domeniile fizicii. Unde altundeva ar putea fi schimbați între ei un miuon negativ şi un miuon neutrin un boson de vector neutru? Sau ce spuneți despre schimbul unui gluon între un quarc ciudat şi unul fermecat? Pe lângă aceste aparent nenumărate particule cu nume deosebite există un univers paralel de *anti*particule, care sunt cunoscute sub denumirea colectivă de „antimaterie". În ciuda prezenței susținute în povestirile ştiințifico-fantastice, antimateria nu este deloc fictivă. Şi da, are tendința de a anihila în contact cu materia.

Universul ne-a dezvăluit o poveste de dragoste deosebită între particule şi antiparticule. Se pot naşte împreună din energie pură şi pot muri împreună (anihilându-se) când masa lor combinată se reconverteşte în energie. În 1932, fizicianul american Carl David Anderson a descoperit antielectronul, omologul de antimaterie încărcat pozitiv al electronului încărcat negativ. De atunci, antiparticule de toate felurile au fost produse în mod obişnuit în acceleratoarele de particule din toată lumea, dar abia de curând au fost şi asamblate în atomi întregi. Un grup internațional condus de Walter Oelert, de la Institutul de Cercetări Nucleare din Jülich, Germania, a creat atomi în care un antielectron a fost legat într-un mod fericit la un antiproton. Faceți cunoştință cu antihidrogenul. Aceşti primi antiatomi au fost creați în laboratoarele CERN de la Geneva, unde s-au făcut multe descoperiri în fizica particulelor.

Metoda este simplă: se creează o mulțime de antielectroni şi o mulțime de antiprotoni, apoi sunt puşi împreună la anumite valori de temperatură şi densitate şi se aşteaptă, cu speranța că se vor combina în atomi. În prima rundă de experimente, echipa lui Oelert a produs nouă atomi de antihidrogen. Dar într-o lume dominată de materie

obişnuită, viaţa ca atom de antimaterie poate fi foarte grea. Antihidrogenul a supravieţuit mai puţin de 40 de nanosecunde (40 de miliardimi de secundă) înainte de a se anihila reciproc cu atomii obişnuiţi.

Descoperirea antielectronului a reprezentat unul dintre marile triumfuri ale fizicii teoretice, căci existenţa lui fusese prezisă cu doar câţiva ani mai înainte de fizicianul britanic Paul A.M. Dirac. Dirac a găsit două soluţii la ecuaţia lui pentru calculul energiei unui electron: una pozitivă şi una negativă. Soluţia pozitivă dădea seama de proprietăţile electronului obişnuit, dar cea negativă nu a suportat la început nicio interpretare – nu avea nicio corespondenţă în lumea reală.

Ecuaţiile cu soluţii duble nu sunt neobişnuite. Unul dintre cele mai simple exemple este răspunsul la întrebarea: Care număr înmulţit cu el însuşi dă 9? 3 sau – 3? Bineînţeles că ambele, fiindcă 3 x 3 = 9 şi – 3 x – 3 = 9. Ecuaţiile nu ne oferă nicio garanţie că soluţiile lor au un corespondent în lumea reală, dar dacă un model matematic al unui fenomen fizic este corect, atunci lucrul cu ecuaţii poate fi la fel de folositor (şi mult mai uşor) ca lucrul cu universul întreg. Aşa cum s-a întâmplat şi cu antimateria lui Dirac, astfel de paşi conduc adesea la predicţii verificabile, iar dacă acestea nu pot fi verificate, trebuie să abandonăm teoria. Indiferent de rezultatul fizic, un model matematic ne asigură că posibilele concluzii sunt logice şi consistente.

Teoria cuantică, numită şi „fizică cuantică”, a fost elaborată în anii 1920 şi este un subdomeniu al fizicii care descrie materia la scara particulelor atomice şi subatomice. Folosind proaspăt stabilitele reguli cuantice, Dirac a postulat existenţa unui electron-fantomă „de dincolo”, care ar putea apărea ocazional în lumea noastră ca electron obişnuit, lăsând în urmă o gaură în oceanul de energii

negative. Dirac a sugerat că această gaură s-ar putea detecta experimental ca antielectron cu sarcină pozitivă, sau ceea ce a devenit cunoscut sub denumirea de „pozitron”.

Particulele subatomice au multe trăsături măsurabile. Dacă o anumită proprietate poate avea o valoare opusă, atunci versiunea antiparticulă a materiei respective va avea valoare opusă față de particulă, dar în alte privințe o să fie identică. Cel mai evident exemplu este sarcina electrică: pozitronul seamănă cu electronul, doar că pozitronul are sarcină pozitivă, în vreme ce electronul are sarcină negativă. În mod asemănător, antiprotonul este antiparticula cu sarcină opusă sarcinii protonului.

Vă vine să credeți sau nu, neutronul, care nu are sarcină, are şi el o antiparticulă. Se numeşte – ați ghicit! – „antineutron”. Acesta este înzestrat cu o sarcină zero opusă sarcinii neutronului obişnuit. Această magie aritmetică derivă din tripleta specială de particule cu sarcină fracționară (quarcuri) care alcătuiesc neutronul. Quarcurile care compun neutronul au sarcini – 1/3, – 1/3, + 2/3, în vreme ce quarcurile antineutronului au sarcini + 1/3, + 1/3, – 2/3. Aşa cum puteți vedea, fiecare set de trei astfel de componente dă o sarcină netă zero şi totuşi componentele corespondente au sarcini opuse.

Antimateria pare să prindă viață din senin. Dacă au suficient de multă energie, o pereche de raze gamma pot interacționa, transformându-se spontan într-o pereche electron-pozitron şi convertind astfel o mulțime de energie într-o fărâmă de materie, aşa cum ne spune şi celebra ecuație a lui Albert Einstein din 1905:

$E = mc^2$

Sau, pe limba noastră:

Energie = (masă) x (viteza luminii)^2

Sau, ca să fie şi mai clar pentru toată lumea:

Energie = (masă) x (un număr foarte mare)

În limbajul interpretării originale a lui Dirac, razele gamma au alungat un electron din domeniul energiilor negative pentru a crea un electron obişnuit şi un electron-gaură. Se poate întâmpla şi invers. Dacă o particulă şi o antiparticulă intră în coliziune, o să se anihileze reciproc, umplând gaura şi emiţând raze gamma. Acestea sunt genul de radiaţii de care ar trebui să vă feriţi. Vreţi o dovadă? Amintiţi-vă cum a devenit Hulk, personajul benzilor desenate, mare, verde şi urât.

Dacă reuşiţi cumva să fabricaţi acasă un bulgăre de antiparticule, o să aveţi imediat o problemă cu depozitarea lor, fiindcă o să se anihileze reciproc cu orice pungă (fie ea de plastic sau de hârtie) în care încercaţi să le puneţi. O soluţie mai inteligentă este capturarea lor într-un câmp magnetic puternic, unde sunt respinse de pereţii magnetici. Dacă în jurul acestui câmp magnetic creaţi un vid, antiparticulele nu se mai pot anihila reciproc cu materia obişnuită. Acest echivalent magnetic al unei sticle poate fi o alegere şi pentru manipularea altor materiale ostile la depozitare, cum ar fi gazele strălucitoare cu temperatură de 100 de milioane de grade care se degajă în experimentele (controlate) de fuziune nucleară. Adevărata problemă cu depozitarea apare după ce creaţi antiatomi întregi (şi, prin urmare, neutri electric), fiindcă aceştia nu ricoşează dintr-un perete magnetic. Dacă nu este absolut necesar, cel mai bine ar fi să vă ţineţi pozitronii şi antiprotonii separat.

Pentru a genera antimaterie este nevoie de cel puţin la fel de multă energie ca aceea pe care o puteţi recupera după anihilare. Dacă nu aveţi un rezervor de combustibil la îndemână, motoarele cu antimaterie autogenerată o să sugă încet energie din nava pe care sunt montate. Nu ştiu dacă

scenariştii *Star Trek* ştiau asta. Din câte îmi amintesc, căpitanul Kirk cerea întruna „mai multă putere” de la motoarele materie-antimaterie, iar Scotty îi spunea de fiecare dată că „motoarele nu rezistă”.

Deşi nu există niciun motiv să ne aşteptăm la diferenţe, nu am reuşit să aflăm dacă proprietăţile antihidrogenului sunt identice cu cele ale hidrogenului obişnuit. Două lucruri care ar trebui verificate în primul rând sunt comportamentul pozitronului în compania antiprotonului – respectă toate legile teoriei cuantice? – şi puterea unei forţe gravitaţionale antiatomice – degajă cumva antigravitaţie în locul gravitaţiei obişnuite? La scară atomică, forţele gravitaţionale dintre particule sunt atât de mici încât nu pot fi măsurate. Activitatea este dominată în schimb de forţele atomice şi nucleare, ambele mult mai puternice decât gravitaţia. Avem nevoie de mulţi antiatomi pentru a putea confecţiona obiecte de mărime obişnuită şi a le măsura proprietăţile, comparându-le apoi cu ale materiei. Dacă un set de bile de biliard (cu masă şi tacuri cu tot) ar fi făcute din antimaterie, jocul de antibiliard va fi identic cu cel de biliard? O antibilă o să cadă pe podea cu aceeaşi viteză ca o bilă obişnuită? Antiplanetele şi antistelele ar gravita la fel ca planetele şi stelele obişnuite?

Filosofic, sunt convins că proprietăţile antimateriei se vor dovedi identice cu ale materiei – gravitaţie normală, coliziuni normale, lumină normală, biliard normal etc. Din nefericire, asta înseamnă că o antigalaxie aflată pe un curs de coliziune cu Calea Lactee nu ar putea fi deosebită de o galaxie obişnuită decât atunci când ar fi prea târziu pentru a se mai putea face ceva. Dar o astfel de soartă crudă nu poate fi ceva obişnuit în univers, fiindcă, de exemplu, dacă o antistea şi o stea se anihilează reciproc, conversia de materie în energie de raze gamma ar fi rapidă şi completă. Două stele cu masă apropiată de a Soarelui (având fiecare

aproximativ 1057 particule) ar deveni atât de luminoase, încât coliziunea ar produce temporar o energie mai mare decât a tuturor stelelor din câteva sute de milioane de galaxii. Nu există dovezi convingătoare că un asemenea eveniment a avut loc vreodată. Aşadar, din ce ne putem da seama, universul este dominat de materia obişnuită. Cu alte cuvinte, nu trebuie să ne facem griji că vom fi anihilaţi la viitorul voiaj intergalactic.

Totuşi, universul rămâne tulburător de dezechilibrat: când este creată, fiecare particulă este însoţită întotdeauna de particula pereche şi totuşi particulele obişnuite par foarte fericite fără antiparticula lor. Există în univers buzunare ascunse de antimaterie care să dea seama de acest dezechilibru? A fost încălcată cumva în universul primar vreo lege a fizicii (sau a operat vreo lege necunoscută), făcând ca balanţa să fie înclinată pentru totdeauna în favoarea materiei? S-ar putea să nu aflăm niciodată răspunsurile la astfel de întrebări, dar între timp, dacă aterizează vreun extraterestru în faţa casei dumneavoastră şi întinde vreo anexă în semn de salut, aruncaţi-i o bilă de biliard înainte de vă împrieteni cu el. Dacă anexa explodează, se prea poate ca extraterestrul să fie alcătuit din antimaterie. Dacă nu, puteţi să-l conduceţi la şeful statului.

SECȚIUNEA III

CĂILE ŞI MIJLOACELE NATURII

MODUL ÎN CARE NATURA SE PREZINTĂ MINȚII ISCODITOARE

11. IMPORTANȚA DE A FI CONSTANT

Dacă folosiți cuvântul „constant”, cei care vă ascultă se gândesc la fidelitatea matrimonială sau la stabilitatea financiară, ori poate vă spun că singurul lucru constant în viață este schimbarea. Ei bine, universul are propriile constante, sub forma unor cantități invariabile care apar la nesfârşit în natură şi în matematică şi ale căror valori numerice au o importanță foarte mare în demersurile ştiințifice. Unele dintre acestea sunt constante fizice, stabilite prin măsurători. Altele, deşi dezvăluie activitatea universului, sunt simple numere descoperite pe cale pur matematică.

Anumite constante sunt locale şi limitate, aplicabile într-un singur context, unui singur obiect sau categorii de obiecte. Altele sunt fundamentale şi universale, relevante pentru spațiu, timp, materie şi energie în orice loc, lucru care le conferă cercetătorilor puterea de a înțelege trecutul şi prezentul şi de a prevedea viitorul universului. Oamenii de ştiință cunosc doar câteva constante fundamentale. Primele trei în lista celor mai mulți sunt viteza luminii în vid, constanta gravitațională a lui Newton şi constanta lui Planck, fundamentul fizicii cuantice şi cheia celebrului principiu al incertitudinii al lui Heisenberg. Printre celelalte constante universale se numără sarcina şi masa fiecărei particule subatomice fundamentale.

De câte ori descoperim în univers un tipar repetitiv cauză-efect putem presupune că la mijloc trebuie să fie vorba de vreo constantă. Dar pentru a măsura cauza şi efectul trebuie să vedem mai întâi ce este şi ce nu este variabil şi trebuie să ne asigurăm că nu luăm drept cauză o simplă corelație, oricât de tentați am putea fi să facem asta. În anii 1990, populația de berze din Germania a crescut, iar rata natalității a crescut şi ea. Să fie numărul sporit de berze responsabil pentru numărul mai mare de naşteri? Nu cred.

De îndată ce ne asigurăm de existența unei constante şi îi determinăm valoarea, putem face predicții despre locuri, obiecte şi fenomene încă nedescoperite sau neimaginate.

Johannes Kepler, un matematician şi (ocazional) mistic german, este primul care a descoperit o cantitate fizică neschimbătoare în univers. În 1618, după un deceniu de sporovăieli mistice, Kepler şi-a dat seama că, dacă înmulțeşti cu el însuşi timpul de care are nevoie o planetă pentru a face un ocol în jurul Soarelui, rezultatul este întotdeauna echivalent cu cubul distanței medii dintre acea planetă şi Soare. A reieşit că această relație uimitoare este valabilă nu doar pentru fiecare planetă din sistemul nostru solar, ci şi pentru fiecare stea care gravitează în jurul centrului propriei galaxii, ca şi pentru fiecare galaxie care gravitează în jurul centrului roiului de galaxii din care face parte. Cum probabil v-ați dat seama, mai era la mijloc aici o constantă, despre care Kepler nu ştia nimic: constanta gravitațională a lui Newton, care se întrezărea printre formulele lui Kepler, dar avea să fie dată la iveală abia şaptezeci de ani mai târziu.

Probabil că prima constantă pe care ați învățat-o la şcoală este pi – o entitate matematică pentru care, de la începutul secolului al XVIII-lea, folosim litera grecească π. Simplu spus, pi este raportul dintre circumferința şi diametrul unui cerc. Cu alte cuvinte, pi este numărul cu care trebuie să înmulțim diametrul cercului pentru a-i afla circumferința. Pi apare, de asemenea, şi în alte locuri foarte cunoscute şi speciale, inclusiv în ariile cercului şi elipsei, în volumele anumitor corpuri, în mişcarea pendulului, în vibrația corzilor şi în analiza circuitelor electrice.

Pi nu este un număr întreg. Are un şir nelimitat de zecimale care nu se repetă consecutiv. Dacă îl reducem pentru a include fiecare cifră arabă arată astfel:

3,14159265358979323846264338327950. Indiferent unde sau când trăim, indiferent de naționalitate, de vârstă sau de înclinațiile estetice, de religie sau simpatii politice, dacă ne uităm la valoarea lui pi, constatăm că este aceeaşi pentru fiecare persoană din univers. Constantele de genul lui pi se bucură de un nivel de internaționalitate de care treburile omeneşti nu au parte, nu au avut şi nici nu vor avea, motiv pentru care, dacă vom ajunge vreodată să comunicăm cu extratereştrii, probabil că o s-o facem prin matematică, această lingua franca a cosmosului.

Numărului pi îi spunem „irațional". Nu putem reprezenta valoarea exactă a lui pi ca fracție de două numere întregi, de pildă 2/3 sau 18/11. Dar primii matematicieni – care nu aveau habar de existența numerelor iraționale – l-au considerat ca fiind 25/8 (babilonienii, în jur de 2000 î.Hr.) sau 256/81 (egiptenii, în jur de 1650 î.Hr.); apoi, cam prin 250 î.Hr., matematicianul grec Arhimede a propus – după minuțioase demersuri geometrice – nu o fracție, ci două: 223/71 şi 22/7. El şi-a dat seama că valoarea exactă a lui pi – pe care el nu pretindea că ar fi descoperit-o – s-ar situa undeva între cele două fracții propuse de el.

Date fiind progresele din epocă, o estimare nu foarte exactă a lui pi apare şi în Biblie, în pasajul care descrie interioarele templului lui Solomon: „A mai făcut o mare, turnată din aramă, de zece coți de la o margine a ei până la cealaltă margine, rotundă de jur împrejur; înaltă de cinci coți şi groasă cât o cuprindea o sfoară de treizeci de coți". (*III Regi*, 7:23) Asta înseamnă că diametrul era de 10 unități, iar circumferința de 30, relație adevărată dacă pi ar fi fost egal cu 3. Două milenii şi jumătate mai târziu, în 1897, camera inferioară a legislativului indian a dat o lege în care se stipula că din acel moment pe teritoriul statului indian

„raportul dintre diametrul şi circumferinţa cercului este cinci pătrimi din patru”. Cu alte cuvinte, fix 3,2.

Lăsând deoparte legiuitorii care au probleme cu zecimalele, cei mai mari matematicieni – inclusiv Muhammad ibn Musa al Khwarizmi, un arab din secolul al IX-lea al cărui nume supravieţuieşte în cuvântul „algoritm”, şi chiar Newton – au lucrat constant la sporirea preciziei lui pi. Bineînţeles, apariţia calculatoarelor electronice a dus acest exerciţiu într-o altă sferă. La începutul secolului XXI numărul de zecimale cunoscute ale numărului pi trecuse de borna miei de miliarde, depăşind orice nevoie de aplicaţie fizică, cu excepţia studiului (făcut de „pi-cercetători”), care urmăreşte să descopere dacă nu cumva la un moment dat secvenţa zecimalelor n-o să mai aibă aspect aleatoriu.

Mult mai importante decât contribuţia lui la calcularea lui pi sunt legile universale ale lui Newton: cele trei legi ale mişcării şi legea atracţiei universale. Toate patru au apărut în capodopera lui, *Philosophiae naturalis principia mathematica*, publicată în 1687.

Înainte de apariţia acestei cărţi, oamenii de ştiinţă (preocupaţi de ceea ce pe atunci se numea „mecanică” iar mai apoi s-a numit „fizică”) descriau pur şi simplu ce vedeau, sperând că data următoare totul o să se întâmple la fel. Dar înarmaţi cu legile lui Newton, au putut descrie relaţiile dintre forţe, masă şi acceleraţie în toate cazurile. Previzibilitatea şi-a făcut loc în ştiinţă şi totodată în viaţă.

Spre deosebire de prima şi a treia lege, a doua lege de mişcare a lui Newton este o ecuaţie:

$F = ma$

Pe limba noastră, asta înseamnă că forţa netă (F) aplicată unui obiect cu o anumită masă (m) are ca rezultat o acceleraţie (a) a obiectului. Adică, şi mai simplu, o forţă

mare dă naştere unei accelerații mari. Iar variația este proporțională: dacă dublăm forța, se dublează şi accelerația. Masa obiectului este constantă în ecuație, permițând calculul exact al gradului de accelerație care poate fi produsă de o forță dată.

Dar dacă masa unui obiect nu este constantă? Când lansăm o rachetă spațială, masa ei scade constant pe măsură ce combustibilul din rezervor este consumat. Şi acum, de dragul discuției, să presupunem că masa variază chiar dacă nu adăugăm sau luăm material din obiectul respectiv. Asta se întâmplă în teoria restrânsă a relativității, enunțată de Einstein. În universul newtonian, fiecare obiect are o masă care rămâne pentru totdeauna a lui. Dimpotrivă, în universul relativist al lui Einstein, obiectele au o „masă de repaus" neschimbată (aceeaşi din ecuațiile lui Newton), la care trebuie să adăugăm masă în funcție de viteza cu care se deplasează obiectul. În acest univers, pe măsură ce este accelerat, obiectul opune tot mai multă rezistență accelerației, ceea ce în ecuație se traduce prin creşterea masei obiectului. Newton nu avea cum să afle de acest efect „relativist", pentru că devine semnificativ numai la viteze comparabile cu a luminii. Pentru Einstein asta însemna că mai există o constantă: viteza luminii, un subiect demn pentru un eseu de sine stătător.

La fel ca multe dintre legile fizicii, legile lui Newton sunt simple şi clare. Legea atracției universale este ceva mai complicată. Stipulează că forța de atracție dintre două obiecte – fie că e vorba de o ghiulea în zbor şi de Pământ, fie că e vorba de Pământ şi de Lună, de doi atomi sau de două galaxii – depinde doar de cele două mase şi de distanța dintre ele. Mai exact, forța de gravitație este direct proporțională cu masa unui obiect înmulțită cu masa celuilalt şi invers proporțională cu pătratul distanței dintre

ele. Aceste proporționalități ne oferă o perspectivă asupra modului în care acționează natura: dacă puterea atracției dintre două corpuri este o forță F la o anumită distanță, devine o pătrime din F la distanță dublă şi a noua parte din F la distanță triplă.

Dar această informație în sine nu este suficientă pentru a calcula valorile exacte ale forțelor care acționează. Pentru asta relația are nevoie de o constantă – în cazul de față, un termen cunoscut sub numele „constantă gravitațională" (G) sau, printre oamenii care sunt în relații de mare prietenie cu ecuația, „marele G".

Descoperirea corespondenței dintre distanță şi masă a fost una dintre numeroasele idei strălucite ale lui Newton, dar el nu avea mijloacele necesare pentru a măsura valoarea lui G. Pentru a face asta ar fi trebuit să cunoască toți ceilalți termeni din ecuație, determinându-l astfel pe G. Totuşi, pe vremea lui Newton nu se puteau determina toți termenii ecuației. Chiar dacă era uşor să măsori două ghiulele şi distanța dintre ele, forța reciprocă de atracție era atât de mică, încât nu exista niciun aparat capabil s-o măsoare. Putea fi măsurată forța de atracție dintre Pământ şi ghiulea, dar nu la fel stăteau lucrurile când venea vorba despre masa Pământului. Abia în 1798, la mai bine de un secol de la publicarea lucrării de căpătâi a lui Newton, chimistul şi fizicianul englez Henry Cavendish a propus o valoare aproximativă a lui G.

Pentru a stabili valoarea atât de celebră astăzi, Cavendish a folosit un aparat al cărui principal element era o ganteră confecționată din două bile de plumb cu diametrul de cinci centimetri. Un fir vertical ținea gantera atârnată de mijloc, permițându-i să se legene înainte şi înapoi. Cavendish a pus dispozitivul într-o cutie etanşă şi a aşezat două bile de plumb cu diametrul de 30 de centimetri în două colțuri opuse în afara cutiei. Forța gravitațională a

bilelor din afară atrăgea haltera, făcând firul să se mişte. Cea mai bună valoare a lui G obținută de Cavendish nu era nici pe departe exactă – era o secvență de patru zecimale la capătul unui şir de zerouri. În unități de metri cubi pe kilogram pe secundă la pătrat valoarea era 0,00000000006754.

Nu era chiar simplu să proiectezi un aparat bun. Gravitația este o forță atât de slabă, încât aproape orice, chiar şi un uşor curent de aer din laborator, poate afecta experimentul. La sfârşitul secolului al XIX-lea, folosind un aparat de tip Cavendish îmbunătățit, fizicianul maghiar Loránd Eötvös a îmbunătățit uşor acuratețea valorii lui G. Experimentul este atât de greu de făcut, încât nici în zilele noastre valoarea lui G nu a câştigat decât o zecimală. Experimentele recente făcute de Jens H. Gundlach şi Stephen M. Merkowitz la Universitatea Washington din Seattle au produs valoarea 0,000000000066742. Apropo de slăbiciune: aşa cum au observat Gundlach şi Merkowitz, forța gravitațională măsurată de ei era echivalentul greutății unei singure bacterii.

Odată cunoscut G, putem deriva o mulțime de valori, cum ar fi masa Pământului. Acesta era şi scopul principal al lui Cavendish. Cea mai bună valoare dată de Gundlach şi Merkowitz este 5,9722 x 1024 kilograme, foarte apropiată de valoarea cunoscută astăzi.

Multe constante fizice descoperite în ultimul secol sunt legate de forțele care influențează particulele subatomice – un tărâm guvernat mai degrabă de probabilitate decât de precizie. Cea mai importantă constantă a fost stabilită în 1900 de fizicianul german Max Planck. Este reprezentată prin litera *h* şi reprezintă descoperirea care a pus bazele mecanicii cuantice, dar Planck a ajuns la ea cercetând un

lucru care pare mai degrabă mundan: relația dintre temperatura unui obiect şi gama de energie emisă.

Temperatura unui obiect înseamnă măsurarea directă a energiei cinetice medii a atomilor care se agită în acel obiect. Bineînțeles, dincolo de medie, unele particule se agită foarte rapid, în vreme ce altele se agită foarte încet. Toată această activitate emite o mare de lumină, care se întinde într-o gamă de energii concordante cu particulele care le-au emis. Când temperatura este suficient de ridicată, obiectul începe să strălucească vizibil. Pe vremea lui Planck, una dintre cele mai mari probleme ale fizicii era explicarea întregului spectru al acestei lumini, în special a benzilor cu cea mai înaltă energie.

Planck a pornit de la ideea că se poate explica întregul spectru emis folosind o singură ecuație doar dacă porneşti de la presupunerea că energia este cuantificată, adică divizibilă în unități minuscule care nu mai suportă alte diviziuni: cuantele.

Odată introdusă în ecuație constanta *h* pentru spectrul de energie, aceasta a început să apară peste tot. Poate fi găsită, de pildă, în descrierea şi înțelegerea cuantică a luminii. Cu cât este mai înaltă frecvența luminii, cu atât este mai puternică energia: razele gamma, cele care au cea mai înaltă frecvență, sunt cele mai ostile vieții. Undele radio, care au cea mai joasă frecvență, trec prin noi în fiecare secundă fără să ne facă vreun rău. Radiația de frecvență înaltă ne dăunează tocmai pentru că transportă mai multă energie. Cu cât mai multă? Direct proporțional cu frecvența. Ce dă la iveală proporționalitatea? Constanta lui Planck, *h*. Iar dacă G vi se pare o constantă de proporționalitate minusculă, studiați cea mai bună valoare a lui *h* din zilele noastre (în originalele ei kilogram-metri la pătrat pe secundă):
0,00000000000000000000000000000066260693.

Unul dintre cele mai provocatoare şi mai spectaculoase feluri în care *h* apare în natură este scos la iveală de aşa-numitul principiu al incertitudinii, enunţat pentru prima oară în 1927 de fizicianul german Werner Heisenberg. Prin el sunt formulaţi termenii unui inevitabil compromis cosmic: pentru diferite perechi de atribute fizice fundamentale variabile – poziţia şi viteza, energia şi timpul – este imposibil să măsurăm exact ambele valori. Cu alte cuvinte, dacă reducem nedeterminarea unui membru al perechii (poziţia, de exemplu), trebuie să ne mulţumim cu un grad mai mare de aproximaţie în valoarea celuilalt membru (viteza). Iar *h* stabileşte limita de precizie care poate fi obţinută. Aceste compromisuri nu au efecte vizibile în viaţa de zi cu zi, dar atunci când coborâm la dimensiunile atomice, *h* îşi iţeşte căpşorul peste tot.

Poate vi se pare un demers contradictoriu sau chiar pervers, dar în ultimele decenii oamenii de ştiinţă au căutat dovezi că aceste constante nu sunt veşnice. În 1938, fizicianul englez Paul A.M. Dirac a venit cu ideea că valoarea constantei G s-ar putea să scadă odată cu vârsta universului. Astăzi există practic generaţii întregi de fizicieni care caută cu disperare constante instabile. Unii încearcă să descopere modificări în timp, alţii caută modificări ale efectelor odată cu poziţia, iar alţii cercetează modul în care se comportă ecuaţiile în domenii în care până acum nu au fost verificate. Mai devreme sau mai târziu o să apară şi rezultate. Aşa că fiţi pe fază: s-ar putea să primim veşti despre lipsa de constanţă.

12. LIMITELE DE VITEZĂ

Doar câteva lucruri din lume zboară mai iute decât glonțul, printre ele fiind navetele spațiale şi Superman. Dar nimic nu călătoreşte mai rapid decât lumina în vid. Nimic. Chiar dacă e foarte mare, viteza luminii nu este infinită. Pentru că lumina are o viteză, astrofizicienii ştiu că a privi în spațiu este totuna cu a privi înapoi în timp. Iar dacă avem o valoare bine estimată a vitezei luminii putem obține o valoare rezonabil estimată a vârstei universului.

Aceste concepte nu sunt exclusiv cosmice. E drept, atunci când acționăm un întrerupător nu trebuie să aşteptăm ca lumina să ajungă pe podea. Dacă într-o dimineață oarecare la micul dejun o să aveți nevoie de un subiect de gândire, poate reflectați asupra faptului că vă vedeți copiii care stau alături la masă nu aşa cum sunt, ci aşa cum erau cândva, cu aproximativ trei nanosecunde mai devreme. Nu pare foarte mult, dar dacă îi trimiteți în galaxia vecină Andromeda, în momentul în care îi vedeți băgând lingura în castronul cu cereale o să fie deja cu două milioane de ani mai bătrâni.

Omițând zecimalele, viteza luminii în vid este de 299 792 kilometri pe secundă – o valoare foarte exactă, pentru stabilirea căreia a fost nevoie de secole de muncă intensă. Mari gânditori au reflectat însă la natura luminii cu mult înainte ca metodele şi instrumentele ştiinței să ajungă la maturitate. Este lumina o proprietate a ochiului sau emanația unui obiect? Este un mănunchi de particule sau unul de unde? Se deplasează sau pur şi simplu apare? Dacă se deplasează, cât de repede o face şi până unde?

La jumătatea secolului al V-lea î.Hr. un filosof, poet şi om de ştiință grec, Empedocle din Acragas, s-a întrebat dacă lumina se deplasează cu o viteză măsurabilă. Dar lumea a trebuit să-l aştepte pe Galileo, campionul abordărilor

empirice pentru dobândirea de cunoştinţe, pentru a putea răspunde la întrebare pe cale experimentală.

În *Dialoguri privind cele două ştiinţe noi*, publicată în 1638, el descrie paşii experimentali. În puterea nopţii, doi oameni, fiecare dintre ei dotat cu un felinar a cărui lumină poate fi acoperită şi descoperită rapid, stau la distanţă unul de altul, dar la vedere. Prima persoană descoperă felinarul şi apoi îl acoperă. În momentul în care a doua persoană vede lumina, descoperă şi ea felinarul său şi apoi îl acoperă. După ce a făcut experimentul o singură dată, cu cele două persoane aflate la o distanţă de un kilometru şi jumătate, Galileo a scris:

> *Nu am reuşit să stabilesc cu siguranţă dacă apariţia luminii a fost instantanee sau nu, dar chiar dacă nu este instantanee, este extraordinar de rapidă, i-aş spune chiar „momentană”.* (p. 43)

Raţionamentul lui Galileo era valabil, dar era mult prea aproape de asistentul lui în acest experiment pentru a putea cronometra deplasarea unei raze de lumină, mai ales cu instrumentele lipsite de precizie ale zilelor lui.

Câteva decenii mai târziu, astronomul danez Ole Rømer a mai redus din speculaţie studiind orbita lui Io, luna cea mai apropiată a lui Jupiter. Încă din ianuarie 1610, când Galileo a văzut pentru prima oară cei patru cei mai mari şi mai strălucitori sateliţi ai lui Jupiter, astronomii au urmărit rotirea lor în jurul uriaşei planete. Anii de observaţie au arătat că, în cazul lui Io, durata medie de parcurgere a orbitei – măsurată ca intervalul dintre două dispariţii ale lunii în spatele lui Jupiter – este de numai 42,5 ore. Rømer a observat însă că, atunci când Pământul se află în cel mai apropiat punct de Jupiter, Io dispare cu aproximativ 11 minute mai devreme decât de obicei, iar când Pământul se

află în cel mai îndepărtat punct, Io dispare cu aproximativ 11 minute mai târziu.

Rømer s-a gândit că acest fenomen nu poate fi influențat de poziția Pământului în raport cu Jupiter, aşa că variația neaşteptată nu putea fi pusă decât pe viteza luminii. Intervalul de 22 de minute trebuia să fie corespunzător cu timpul de care are nevoie lumina pentru a traversa diametrul orbitei Pământului. Pornind de la această presupunere, Rømer a calculat viteza luminii, rezultatul lui fiind de 210 000 de kilometri pe secundă. Abaterea față de valoarea corectă este de aproximativ 30%. Nu e rău pentru o primă estimare, şi oricum mult peste „chiar dacă nu e instantanee", cum spunea Galileo.

James Bradley, al treilea astronom regal al Marii Britanii, a dat la o parte orice urmă de îndoială care mai exista în legătură cu faptul că viteza luminii e finită. În 1725 a studiat sistematic steaua Gamma Draconis şi a observat o schimbare sezonieră în poziția stelei pe cer. I-a luat trei ani să înțeleagă cauza, dar în cele din urmă a pus schimbarea pe seama mişcării orbitale continue a Pământului şi a vitezei finite a luminii. În felul acesta a descoperit Bradley ceea ce numim „aberația luminii stelare".

Gândiți-vă la următoarea analogie: este o zi ploioasă şi staţi în maşină, blocat în trafic. Vă plictisiți şi, bineînțeles, scoateți pe geam o eprubetă mare pentru a colecta picături de ploaie. Dacă nu bate vântul, ploaia cade vertical, aşa că, pentru a colecta cât mai multă apă cu putință, țineți eprubeta vertical. Stropii trec prin gura eprubetei şi se adună pe fundul ei.

În cele din urmă porniți, iar maşina se deplasează cu viteza permisă legal. Ştiți din experiență că ploaia care cade vertical lasă dâre diagonale pe geamurile maşinii. Pentru a strânge picături de apă în mod eficient trebuie să înclinați eprubeta la un unghi care să se potrivească cu înclinația

dârelor. Cu cât este mai mare viteza maşinii, cu atât este mai ascuţit unghiul.

În această analogie, Pământul este maşina, iar telescopul este eprubeta. Lumina care vine – şi nu se deplasează instantaneu – poate fi asemănată cu ploaia care cade. Aşadar, pentru a prinde lumina stelei trebuie ajustat unghiul telescopului: acesta trebuie îndreptat spre un punct care e un pic diferit de poziţia stelei pe cer. Observaţia lui Bradley poate părea puţin cam ezoterică, dar el a fost primul care a confirmat – prin măsurare directă mai degrabă decât prin vreo inferenţă – două idei astronomice importante: lumina are viteză finită, iar Pământul se roteşte în jurul Soarelui. A îmbunătăţit şi valoarea estimată a vitezei luminii, ajungând la 301 000 de kilometri pe secundă.

Spre sfârşitul secolului al XIX-lea, fizicienii ştiau deja foarte bine că lumina – ca şi sunetul – se propagă sub formă de unde, aşa că au presupus că, dacă undele sonore au nevoie de un mediu (cum ar fi aerul) în care să vibreze, tot aşa şi undele luminoase au nevoie de un mediu. Cum altfel ar fi putut o undă să se mişte prin vid? Mediul misterios a fost numit „eter luminifer”, iar fizicianul Albert A. Michelson şi chimistul Edward W. Morley şi-au pus în gând să-l detecteze.

Înainte de asta, Michelson a inventat un aparat numit „interferometru”. O versiune a acestui dispozitiv desparte raza de lumină în două, trimiţând mai departe cele două părţi rezultate pe două traiectorii care formează un unghi drept. Fiecare parte este reflectată de o oglindă şi se întoarce la separator, care le recombină pentru a putea fi analizate. Precizia interferometrului îi permite celui care coduce experimentul să facă măsurători extrem de precise ale eventualelor diferenţe dintre vitezele celor două raze. Era dispozitivul perfect pentru detectarea eterului. Michelson şi

Morley s-au gândit că, dacă aliniază o rază de lumină cu direcția de mişcare a Pământului, iar pe cealaltă o abat perpendicular față de această direcție, viteza primei raze o să se combine cu viteza Pământului în eter, în vreme ce viteza celei de-a doua o să rămână neafectată.

După cum s-a dovedit, Michelson şi Morley nu au găsit nicio diferență. Direcțiile diferite nu afectau în niciun fel viteza luminii; razele se întorceau la separator exact în acelaşi timp. Mişcarea Pământului prin eter pur şi simplu nu avea efect asupra vitezei măsurate a luminii. Jenant. Dacă se presupunea că eterul uşura transmiterea luminii, dar nu putea fi detectat, atunci poate că nici nu exista. S-a dovedit că lumina se propagă singură. Nu e nevoie de vreun mediu sau de magie pentru a asigura deplasarea ei dintr-un loc al vidului în altul. În felul acesta a ajuns eterul luminifer cu o iuțeală apropiată de viteza luminii în cimitirul ideilor discreditate de ştiință.

Grație ingeniozității sale, Michelson a corectat valoarea vitezei luminii la 299 981 de kilometri pe secundă.

Începând din 1905, cercetările comportamentului luminii au luat-o razna. În acel an, Einstein a publicat teoria restrânsă a relativității, prin care a dus rezultatul nul descoperit de Michelson şi Morley la un nivel foarte îndrăzneț. Viteza luminii într-un spațiu gol, a declarat Einstein, este o constantă universală, indiferent de viteza sursei care emite lumina sau de viteza persoanei care face măsurătoarea.

Dacă Einstein are dreptate? De pildă, dacă sunteți într-o navă spațială care călătoreşte cu jumătate din viteza luminii şi emiteți o rază de lumină în sus, eu şi toți cei din univers care măsoară viteza razei respective o să descoperim că se deplasează cu 299 792 de kilometri pe secundă. Mai

mult, puteți emite acea rază de lumină înainte, în lateral sau înapoi; valoarea măsurată de noi o să rămână aceeaşi.

Ciudat.

Bunul-simț spune că, dacă tragi un glonț înainte dintr-un tren aflat în mişcare, viteza glonțului față de sol o să fie viteza glonțului *plus* viteza trenului. Iar dacă tragi un glonț înapoi, viteza glonțului față de sol o să fie viteza glonțului *minus* viteza trenului. Este adevărat pentru gloanțe, dar, potrivit lui Einstein, nu şi pentru lumină.

Einstein a avut dreptate, desigur, iar implicațiile sunt uluitoare. Dacă cineva, oriunde s-ar afla şi oricând, ar măsura aceeaşi viteză a razei de pe nava noastră imaginară, câteva lucruri ar trebui să se întâmple. Mai întâi, pe măsură ce viteza navei dumneavoastră creşte, lungimile – a dumneavoastră, a dispozitivelor de măsurat, a navei – se scurtează în direcția mişcării, aşa cum pot vedea toți observatorii. Mai mult, timpul încetineşte suficient de mult pentru ca, atunci când scoateți instrumentul proaspăt scurtat pentru măsurarea vitezei luminii, să măsurați aceeaşi valoare constantă. O conspirație cosmică de cel mai înalt grad.

Foarte curând, metodele îmbunătățite de măsurare au adăugat la valoarea vitezei luminii zecimală după zecimală. Fizicienii au început să se priceapă atât de bine la acest joc, încât în cele din urmă au ieşit din el.

Unitățile de viteză combină întotdeauna unități de lungime şi de timp – de exemplu, 50 de kilometri pe oră sau 800 de metri pe secundă. Când Einstein a început să lucreze la teoria restrânsă a relativității, definiția secundei era clară, dar cea a metrului scârțâia. Începând din 1791, metrul a fost definit ca a zecе milioana parte a distanței de la Polul Nord la ecuator pe o linie de longitudine care trece prin Paris. După mai multe eforturi de a face ordine în această chestiune, în 1889 metrul a fost redefinit ca

lungimea unei bare-etalon din platină-iridiu, depozitată la Biroul Internațional de Măsuri şi Greutăți din Sèvres, în Franța, măsurată la temperatura la care se topeşte gheața. În 1960 baza pentru definirea metrului s-a schimbat din nou. Precizia a crescut şi mai mult: 1 650 763,73 lungimi de undă în vid ale luminii emise de un izotop de kripton 86 neperturbat cu tranziție la nivelul energiei atomice de la 2*p*10 la 5*d*5. Era evident, dacă vă gândiți mai bine.

În cele din urmă, a devenit clar pentru toți cei interesați că viteza luminii poate fi măsurată mult mai precis decât lungimea unui metru, aşa că în 1983 Congresul General pentru Măsuri şi Greutăți a hotărât să definească – nu să măsoare, ci să definească! – viteza luminii la ultima ei valoare, cea mai bună: 299 792 458 de metri pe secundă. Cu alte cuvinte, definiția metrului a fost transpusă forțat în unități de viteză a luminii, ceea ce a făcut ca metrul să aibă exact 1/299 792 458 din distanța parcursă de lumină în vid într-o secundă. Aşa că dacă, în viitor cineva o să măsoare viteza luminii şi mai precis decât în 1983, atunci o să ajusteze lungimea metrului, nu viteza luminii în sine.

Totuşi, nu e cazul să vă faceți griji. Orice ajustare a vitezei luminii e mult prea mică pentru a fi detectată cu rigla. Dacă sunteți un european din medie, o să aveți tot puțin sub 1,8 metri înălțime. Iar dacă sunteți american, o să aveți tot acelaşi kilometraj inexact la maşină.

Viteza luminii poate fi sacră pentru astrofizică, dar nu este imuabilă. Prin toate substanțele transparente – aer, apă, sticlă şi mai ales diamant – lumina se deplasează mai încet decât în vid.

Însă viteza luminii în vid este constantă, iar pentru ca o cantitate să fie cu adevărat constantă trebuie să rămână neschimbată, indiferent de locul, timpul, modul sau motivul măsurătorii. Totuşi, poliția vitezei luminii nu ia nimic de-a

gata, aşa că în ultimii ani au căutat dovezi ale schimbării în cei 13,7 miliarde de ani care au trecut de la Big Bang. Mai exact, au măsurat aşa-zisa „constantă a structurii fine”, care este o combinație între viteza luminii în vid şi alte câteva constante fizice, inclusiv pi, constanta lui Planck şi sarcina electronului.

Această constantă derivată este măsura pentru modificările minore ale nivelului energetic al atomilor care afectează spectrele de lumină ale stelelor şi galaxiilor. De vreme ce universul este o uriaşă maşină a timpului în care se poate vedea trecutul îndepărtat privind la obiecte aflate la mare distanță, orice schimbare în timp a valorii constantei de structură fină ar ieşi la iveală prin observarea cosmosului. Din motive rezonabile, fizicienii nu se aşteaptă ca sarcina unui electron sau constanta lui Planck să varieze, iar pi îşi va păstra cu siguranță valoarea. Prin urmare, dacă apar discrepanțe nu putem da vina decât pe viteza luminii.

Unul dintre modurile în care astrofizicienii calculează vârsta universului porneşte de la presupunerea că viteza luminii a fost dintotdeauna aceeaşi, aşa că o variație a acestei viteze oriunde în cosmos nu ar fi doar un lucru neînsemnat. Până în ianuarie 2006, măsurătorile fizicienilor nu au adus vreo dovadă a modificării constantei structurii fine în spațiu sau în timp.

13. PUȚINĂ BALISTICĂ

În toate sporturile în care este implicată, mingea se mişcă. Fie că e vorba de baseball, crichet, fotbal, golf, tenis sau polo pe apă, mingea este aruncată, lovită, plesnită, călătoreşte prin aer şi aterizează pe Pământ.

Rezistența aerului afectează traiectoria mingii în fiecare caz, dar indiferent de forța care o pune în mişcare sau de locul în care aterizează, traiectoria de bază este descrisă de o ecuație simplă exprimată de Newton în lucrarea lui despre mişcare şi gravitație din 1687, *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Câțiva ani mai târziu, Newton a interpretat descoperirile lui şi pentru profanii în materie de limbă latină în *Sistemul lumii*, incluzând şi o descriere a ceea ce se întâmplă dacă aruncăm o piatră pe orizontală la viteze tot mai mari. Primele observații ale lui Newton sunt evidente: pietrele vor cădea pe pământ tot mai departe de punctul din care au fost aruncate, aterizând în cele din urmă dincolo de orizont. Apoi a tras concluzia că dacă viteza este suficient de mare, piatra nu o să cadă niciodată, ci o să parcurgă întreaga circumferință a Pământului, întorcându-se şi lovindu-l în spate pe cel care a aruncat-o. Dacă acesta se fereşte, piatra o să continue să se învârtă întruna pe o traiectorie pe care o numim „orbită". Culmea balisticii.

Viteza necesară pentru înscrierea pe o orbită pământeană joasă este ceva mai mică de 29 000 de kilometri pe oră, ceea ce înseamnă că un ocol durează aproximativ o oră şi jumătate. Dacă Sputnik 1, primul satelit artificial, sau Iuri Gagarin, primul om care a ieşit din atmosfera Pământului, nu ar fi atins viteza respectivă, ar fi căzut înapoi pe Pământ înainte de a-l ocoli.

Newton a mai arătat şi că forța de atracție exercitată de orice obiect sferic se comportă ca şi cum întreaga masă a obiectului ar fi concentrată în centrul lui. Orice lucru aruncat de la un om la altul la suprafața Pământului descrie tot o orbită, numai că traiectoria se intersectează cu solul.

Acest lucru a fost valabil şi pentru excursia de 15 minute a lui Alan B. Shepard la bordul navei Freedom 7, în 1961, şi pentru o minge de golf proiectată de Tiger Woods, şi pentru o aruncare a lui Alex Rodriguez, şi este valabil pentru orice minge aruncată de un copil. În toate cazurile este vorba despre ceea ce numim în mod normal „traiectorie suborbitală”. Dacă suprafaţa Pământului nu le-ar sta în cale, toate aceste obiecte ar executa un circuit perfect – chiar dacă este alungit – în jurul centrului Pământului. Şi chiar dacă gravitaţia nu face distincţie între aceste traiectorii, NASA ţine cont de ele. Călătoria lui Shepard a fost în general scutită de rezistenţa aerului, pentru că a atins o altitudine la care atmosfera este foarte rarefiată. Este şi motivul pentru care presa l-a încoronat drept primul american care a ieşit în spaţiu.

Traiectoriile suborbitale sunt folosite de rachetele balistice. Aşa cum o grenadă descrie un arc atunci când e aruncată spre ţintă, după ce a fost lansată, racheta balistică „zboară” numai sub acţiunea gravitaţiei. Aceste arme de distrugere în masă călătoresc cu viteză supersonică, suficient de repede cât să traverseze jumătate din circumferinţa Pământului în 45 de minute, pentru ca apoi să aterizeze prăbuşindu-se cu o viteză de 1 500 de kilometri pe oră. Dacă este suficient de grea, racheta balistică poate produce doar prin prăbuşirea ei din cer mai multe pagube decât bomba convenţională pe care o poartă.

Primul proiectil balistic din lume a fost racheta V2, proiectată de un grup de oameni de ştiinţă germani sub comanda lui Wernher von Braun şi folosită de nazişti în al Doilea Război Mondial, în special împotriva Angliei. Fiind primul obiect lansat deasupra atmosferei Pământului, racheta V2 („V” vine de la *Vergeltungswaffen*, adică „armă răzbunătoare”) avea formă de glonţ şi o coadă mare şi a

constituit un model de navă spațială pentru o întreagă generație de ilustratori. După ce s-a predat Aliaților, von Braun a fost adus în Statele Unite, unde a condus, în 1958, lansarea primului satelit american, Explorer 1. La puțină vreme, a fost transferat la nou-creata agenție NASA. Acolo a proiectat Saturn V, cea mai puternică rachetă creată vreodată, care a făcut posibil visul american al aselenizării.

Sute de sateliți artificiali gravitează în jurul Pământului, iar Pământul gravitează în jurul Soarelui. În capodopera lui din 1543, *De Revolutionibus*, Nicolaus Copernic a plasat Soarele în centrul universului şi a afirmat că Pământul şi alte cinci planete cunoscute – Mercur, Venus, Marte, Jupiter şi Saturn – execută în jurul lui orbite perfect circulare. Copernic nu-şi dădea seama de asta, însă un cerc perfect este o formă foarte rară pentru o orbită şi nu descrie traiectoria niciunei planete din sistemul nostru solar. Forma reală a fost dedusă de matematicianul şi astronomul german Johannes Kepler, care şi-a publicat calculele în 1609. Prima dintre legile lui de mişcare planetară afirmă că planetele gravitează în jurul Soarelui pe orbite eliptice. O elipsă este un cerc aplatizat, iar gradul de aplatizare este dat de o valoare numită „excentricitate” şi abreviată *e*. Pe măsură ce *e* creşte dinspre 0 spre 1, elipsa capătă o elongație mai mare.

Bineînțeles, cu cât excentricitatea este mai mare, cu atât e mai probabil ca orbita să se intersecteze cu o alta. Cometele care călătoresc în afara sistemului nostru solar au orbite extrem de aplatizate, în vreme ce orbita Pământului sau a lui Venus seamănă cu un cerc, ambele având o excentricitate scăzută. Cea mai excentrică „planetă” este Pluto şi, bineînțeles, la fiecare rotație în jurul Soarelui intersectează orbita lui Neptun, manifestând un comportament dubios, de cometă.

Exemplul extrem de orbită alungită este faimosul caz al găurii săpate până în China. Contrar aşteptărilor celor cu mai puține cunoştințe de geografie, China nu se află în partea opusă a globului față de Statele Unite. O traiectorie dreaptă între două puncte de pe Pământ diametral opuse trebuie să treacă prin centrul Pământului. Care este zona diametral opusă Statelor Unite? Oceanul Indian. Ca să nu nimerim la trei kilometri sub apă, trebuie să învățăm puțină geografie şi să săpăm din Shelby, Montana, prin centrul Pământului, spre izolatele Insule Kerguelen.

Şi acum urmează distracția. Săriți în gaură. Accelerați încontinuu, în cădere liberă, până când ajungeți în centrul Pământului, unde căldura imensă a miezului de fier o să vă transforme în vapori. Dar să ignorăm această complicație. Treceți de centru, unde forța de gravitație este zero, şi încetiniți constant până când ajungeți în partea cealaltă, moment în care viteza o să fie zero. Dar dacă nu vă prinde vreun kerguelian, o să cădeți înapoi în gaură, repetând călătoria la infinit. În afara faptului că o să-i faceți geloşi pe cei care fac salturi cu coarda elastică, traiectoria dumneavoastră o să descrie o orbită pentru parcurgerea căreia este nevoie de aproximativ o oră şi jumătate, la fel ca în cazul unei navete spațiale.

Unele orbite sunt atât de excentrice, încât nu se întorc în punctele prin care trec. Când excentricitatea este 1, traiectoria este o parabolă, iar la excentricități mai mari devine o hiperbolă. Pentru a vă imagina aceste forme, luminați un zid cu lanterna de la distanță foarte mică. Conul de lumină va forma pe zid un cerc. Apoi înclinați treptat lanterna, iar cercul o să se deformeze, creând o elipsă cu excentricitate din ce în ce mai mare. Când conul de lumină devine aproape paralel cu zidul, lumina de pe zid ia forma unei parabole. Dacă mai înclinați puțin lanterna, obțineți o hiperbolă. (Acum aveți ceva de făcut pentru

următoarea excursie.) Orice obiect cu traiectorie parabolică sau hiperbolică se mişcă atât de repede, încât nu se mai întoarce niciodată. Dacă astrofizicienii vor descoperi vreodată un astfel de obiect, o să ştim că provine din adâncul spaţiului interstelar şi că asistăm la o singură trecere prin sistemul nostru solar.

Gravitaţia newtoniană descrie forţele de atracţie dintre oricare două obiecte din univers, indiferent de poziţie, compoziţie şi mărime. De exemplu, putem folosi legea lui Newton pentru a calcula comportamentul trecut şi viitor al sistemului Pământ-Lună. Dar dacă adăugăm un al treilea obiect – a treia sursă de gravitaţie – o să complicăm foarte mult sistemul de mişcare. Cunoscută ca „problema celor trei corpuri", această situaţie de *ménage à trois* produce traiectorii foarte variate, pentru urmărirea cărora este nevoie în general de un calculator.

Unele soluţii mai inteligente la această problemă merită toată atenţia. În unul din cazuri, numit „problema restrânsă a celor trei corpuri", simplificăm lucrurile, presupunând că al treilea corp are o masă atât de mică în comparaţie cu celelalte două încât putem ignora ecuaţiile. Cu această aproximaţie, putem urmări mişcările celor trei obiecte din sistem. Şi nu trişăm. În univers există multe astfel de cazuri. De exemplu Soarele, Jupiter şi una dintre micuţele luni ale lui Jupiter. Mai sunt şi alte exemple în sistemul nostru solar. O întreagă familie de roci se mişcă pe o orbită stabilă în jurul Soarelui la opt sute de milioane de kilometri înaintea şi în urma lui Jupiter. Sunt asteroizii troiene, despre care am discutat în Partea a doua, prinşi în jocul forţelor gravitaţionale (ca de nişte raze tractoare din filmele ştiinţifico-fantastice) ale lui Jupiter şi ale Soarelui.

Un alt caz special al problemei celor trei corpuri a fost descoperit recent. Luăm trei obiecte cu masă identică şi le

punem să se mişte în perechi pe o traiectorie în formă de opt. Acest aranjament oferă un spectacol mai bun decât pistele de curse unde oamenii se duc ca să vadă maşinile ciocnindu-se la intersecţia a două ovale. Forţele gravitaţionale fac ca sistemul să se „echilibreze” în punctul de intersecţie şi, spre deosebire de complicata problemă a celor trei corpuri, aici mişcările sunt toate în acelaşi plan. Din păcate, acest caz special este atât de ciudat şi de rar, încât s-ar putea să nu existe niciun exemplu printre sutele de miliarde de stele din galaxia noastră, şi se poate să nu fie prea multe nici în univers, ceea ce face ca problema celor trei corpuri cu orbită în formă de opt să fie doar o curiozitate matematică irelevantă pentru astrofizică.

Dincolo de cele câteva cazuri standard, interacţiunile gravitaţionale dintre trei sau mai multe obiecte fac ca până la urmă traiectoriile acestora s-o ia razna. Ca să vedem cum se întâmplă asta, putem face o simulare computerizată folosind legile newtoniene ale mişcării şi atracţiei pentru mişcarea fiecărui obiect în conformitate cu forţele de atracţie dintre el şi toate celelalte obiecte ale modelului. Recalculăm toate forţele şi repetăm. Exerciţiul nu este pur academic. Întregul sistem solar este o problemă cu mai multe corpuri, fiindcă asteroizii, lunile, planetele şi Soarele sunt într-o stare continuă de atracţie reciprocă. Newton şi-a bătut mult capul cu această problemă, fiindcă nu o putea rezolva pe hârtie. Temându-se că întregul sistem solar este instabil şi că în cele din urmă are să sfârşească prin ciocnirea planetelor cu Soarele sau prin proiectarea lor în spaţiu, a postulat, aşa cum o să vedem în Partea a şaptea, că s-ar putea ca Dumnezeu să intervină din când în când pentru a pune lucrurile la punct.

După mai bine de un secol, Pierre-Simon Laplace a prezentat o soluţie la problema cu mai multe corpuri a sistemului solar în celebrul lui tratat de mecanică celestă.

Dar pentru a face asta a trebuit să elaboreze o formă nouă de matematică, cunoscută ca teoria perturbațiilor. Analiza porneşte de la presupunerea că există o singură sursă majoră de gravitație, toate celelalte fiind minore, dar persistente – exact situația din sistemul nostru solar. Apoi Laplace a demonstrat analitic că sistemul solar este stabil şi că nu ai nevoie de legile fizicii pentru a demonstra asta.

Sau ai? O să vedem în Partea a şasea că analiza modernă demonstrează că la scări temporale de sute de milioane de ani – perioade mult mai întinse decât cea luată în calcul de Laplace – orbitele planetare devin haotice. În această situație, Mercur ar putea intra în coliziune cu Soarele, iar Pluto s-ar putea să fie aruncat cu totul din sistemul solar. Mai grav este că există posibilitatea ca sistemul solar să fi avut la naştere zeci de alte planete, dintre care cele mai multe apoi au fost proiectate în spațiul interstelar. Şi când mă gândesc că totul a început cu cercurile lui Copernic.

Atunci când intrăm pe tărâmul balisticii, ne aflăm în cădere liberă. Toate pietrele lui Newton erau în cădere liberă spre Pământ. Şi cea care îi dădea ocol era tot în cădere liberă, numai că suprafața planetei noastre se curba în acelaşi ritm cu căderea, aşa că viteza extraordinară a pietrei făcea ca aceasta să nu ajungă la sol. Stația Spațială Internațională este şi ea în cădere liberă spre Pământ. La fel şi Luna. Şi, la fel ca în cazul pietrelor lui Newton, direcția lor de mişcare şi viteza le împiedică să se lovească de Pământ. Pentru astfel de obiecte, ca şi pentru navetele spațiale, sculele astronauților şi alte dispozitive de pe orbitele joase, o călătorie în jurul planetei durează aproximativ 90 de minute.

Cu cât sunt mai sus, cu atât este mai lungă perioada orbitală. Aşa cum am mai spus, la 36 000 de kilometri de

Pământ, perioada orbitală este egală cu perioada de rotație a Pământului. Sateliții lansați în acea zonă sunt geostaționari – „plutesc” într-un singur punct deasupra planetei, permițând comunicarea rapidă între continente. Şi mai sus, la 384 000 de kilometri, se află Luna, care are nevoie de 27,3 zile pentru a parcurge orbita.

Un aspect fascinant al căderii libere este starea de imponderabilitate de la bordul oricărei nave care urmează această traiectorie. În cădere liberă, dumneavoastră şi tot ce se află în jur cădeți cu aceeaşi viteză. O balanță care se află între picioarele dumneavoastră şi podea o să fie şi ea în cădere liberă. Pentru că nu susține nicio greutate, o să fie în echilibru. Din acest motiv astronauții nu au greutate în spațiu.

Dar în momentul în care nava accelerează, începe să se rotească sau întâmpină rezistența atmosferei Pământului, starea de cădere liberă ia sfârşit şi astronauții îşi recapătă greutatea. Toți iubitorii literaturii ştiințifico-fantastice ştiu că dacă induci unei nave o mişcare de rotație adecvată sau o accelerație proporțională cu căderea unui corp spre Pământ, ai o greutate egală cu cea de pe cântar. Prin urmare, dacă ar fi obligați, inginerii aerospațiali ar putea proiecta o navă care să simuleze gravitația Pământului în timpul călătoriilor lungi şi plictisitoare prin spațiu.

O altă aplicație deşteaptă a mecanicii orbitale newtoniene este efectul de praştie. Agențiile spațiale lansează de multe ori sonde care au prea puțină energie pentru a ajunge la destinație. Dar inginerii imprimă sondelor traiectorii inteligente care profită de sursele de gravitație aflate în mişcare, aşa cum este Jupiter. Un corp care cade în apropiere de Jupiter, în aceeaşi direcție în care se mişcă planeta, poate fura energie în timpul acestui survol, fiind proiectat mai departe ca o minge. Cu o aliniere planetară corectă, sonda poate face acelaşi lucru şi cu

Saturn, Uranus sau Neptun, furând tot mai multă energie la fiecare apropiere. Astfel de impulsuri nu sunt mici – sunt foarte mari. Un impuls din partea lui Jupiter poate dubla viteza cu care sonda se deplasează în sistemul solar.

Stelele din galaxie care se deplasează cel mai rapid – cele care dau sens expresiei „a intra în priză" – sunt acelea care trec pe lângă gaura neagră imensă din centrul Căii Lactee. O coborâre către această gaură neagră (sau către oricare alta) poate spori viteza unei stele până aproape de viteza luminii. Niciun alt obiect nu are puterea de a face aşa ceva. Dacă traiectoria unei stele trece foarte aproape pe lângă gaură, atunci nu va fi înghiţită, ci proiectată cu o viteză spectaculoasă. Imaginaţi-vă câteva sute sau câteva mii de astfel de stele cu o activitate intensă. Astrofizicienii consideră că astfel de exerciţii de gimnastică stelară – detectabile în centrul majorităţii galaxiilor – sunt dovada indiscutabilă a existenţei găurilor negre.

Obiectul cel mai îndepărtat care se poate vedea cu ochiul liber este galaxia Andromeda, cea mai apropiată galaxie spiralată. Asta este vestea bună. Vestea proastă este că toate datele pe care le avem sugerează că cele două galaxii sunt pe un curs de coliziune. Ne cufundăm tot mai mult într-o îmbrăţişare gravitaţională care o să devină un haos de stele spulberate şi nori de gaz. Nu trebuie să mai treacă decât şase sau şapte miliarde de ani.

În orice caz, galaxiile o s-o ia cu toate razna când imensa gaură neagră din Andromeda se va ciocni cu a noastră. O să fie un spectacol pe cinste.

14. DESPRE DENSITATE

Când eram în clasa a cincea, un coleg poznaş m-a întrebat: „Ce e mai greu, un kilogram de pene sau un kilogram de plumb?” Nu, nu m-a păcălit, dar nici nu pot spune că ştiam prea multe despre importanța densității pentru înțelegerea vieții şi a universului. O cale obişnuită de a calcula densitatea este aceea de a face un raport între masa şi volumul obiectului. Dar mai există şi alte tipuri de densitate, cum ar fi rezistența creierului unei persoane la ceea ce este considerat de bun-simț sau numărul de oameni pe kilometru pătrat din insule exotice ca Manhattanul.

Gama densităților măsurate în universul nostru este uluitor de mare. Cele mai mari densități se află în pulsari, unde neutronii sunt atât de aglomerați, încât un degetar poate cântări chiar şi cât o turmă de 50 de milioane de elefanți. Iar la un spectacol de magie, când un iepure dispare „în neant” nimeni nu poate spune că neantul acela conține mai bine de 10 000 000 000 000 000 000 000 000 (zece cvadrilioane) de atomi pe metru cub. Camerele de vacuum ale celor mai bune laboratoare pot pompa până la 10 000 000 000 (zece miliarde) de atomi pe metru cub. Spațiul interplanetar are aproximativ 10 000 000 (zece milioane) de atomi pe metru cub, iar cel interstelar numai 500 000 de atomi pe metru cub. Însă premiul pentru cea mai mică densitate îl primeşte spațiul dintre galaxii, unde e greu să găsim mai mult de câțiva atomi la fiecare 10 metri cubi.

Gama densităților din univers se întinde până la a patruzeci şi patra putere a lui 10. Dacă ar fi să clasificăm obiectele cosmice după densitate, ar deveni foarte clare câteva trăsături izbitoare. De exemplu, obiectele foarte compacte, cum ar fi găurile negre, pulsarii şi stelele pitice albe, au o forță gravitațională foarte mare la suprafață şi pot absorbi cu uşurință materie printr-o pâlnie largă. Un alt exemplu e constituit de proprietățile gazului interstelar.

Oriunde ne-am uita în Calea Lactee şi în celelalte galaxii, norii de gaze cu cea mai mare densitate sunt în preajma stelelor mai tinere. Deocamdată nu ne este cunoscut în detaliu procesul de formare a stelelor, dar, bineînțeles, aproape toate teoriile formării stelelor fac o trimitere explicită la modificările densității gazoase în momentul în care norii se transformă în stele.

În astrofizică – şi mai ales în domeniul ştiințelor planetare – de multe ori putem deduce compoziția generală a unui asteroid sau a unei luni doar prin simpla cunoaştere a densității sale. Cum? Multe ingrediente obişnuite din sistemul solar au densități foarte diferite. Luând ca unitate de măsură densitatea apei lichide, apa înghețată, amoniacul, metanul şi dioxidul de carbon (ingrediente obişnuite ale cometelor) au densități mai mici decât 1. Materialele pietroase din care sunt alcătuite de obicei planetele şi asteroizii au densități între 2 şi 5. Fierul, nichelul şi alte câteva metale obişnuite pentru miezul planetar şi uneori pentru asteroizi au densități mai mari de 8. Obiectele cu o densitate medie intermediară față de aceste grupuri sunt considerate de obicei ca un amestec de astfel de ingrediente obişnuite. În cazul Pământului, stăm ceva mai bine: viteza undelor sonore care se propagă în interiorul planetei după un cutremur este legată direct de variația densității de la centru spre suprafață. Cele mai complete date seismice arată pentru miez o densitate de aproximativ 12, care scade apoi până la suprafață, unde este aproximativ 3. Când facem media, obținem o densitate a planetei de aproximativ 5,5.

Densitatea, masa şi volumul (dimensiunile) alcătuiesc ecuația densității, aşa că, dacă măsurăm oricare două elemente, îl putem calcula pe al treilea. Cunoaştem masa şi orbita planetei din jurul lui 51 Pegasi, o stea pitică albă

asemănătoare Soarelui. Dacă adăugăm la aceste elemente şi o presupunere privitoare la compoziția planetei (gazoasă – cel mai probabil – sau pietroasă, foarte puțin probabil), putem estima dimensiunile ei.

Atunci când susținem că o substanță este mai grea decât alta, adesea comparăm implicit densitatea, nu greutatea. De exemplu, simpla şi totuşi ambigua din punct de vedere tehnic propoziție „Plumbul este mai greu decât penele" o să fie înțeleasă de aproape toată lumea ca o problemă de densitate. Dar acest fapt nu este implicit în toate cazurile. Smântâna este mai uşoară (mai puțin densă) decât laptele smântânit şi toate navele care se deplasează pe apă – inclusiv Queen Mary 2, care are 150 000 de tone – sunt mai uşoare (mai puțin dense) decât apa. Dacă aceste afirmații ar fi false, atunci smântâna şi transoceanicele s-ar scufunda în lichidul pe care plutesc.

Alte lucruri despre densitate:

Sub influența forței de atracție, aerul cald nu se ridică pur şi simplu pentru că este cald, ci pentru că este mai puțin dens decât aerul din jur. La fel, am putea susține că aerul rece, mai dens, coboară, cele două fenomene permițând convecția în univers.

Apa solidă (gheața) este mai puțin densă decât apa în formă lichidă. Dacă ar fi invers, atunci iarna marile lacuri ar îngheța complet de jos în sus, omorând toți peştii. Aceştia sunt protejați de stratul de gheață care pluteşte la suprafață, pentru că are o densitate mai mică decât apa. Stratul de gheață izolează apa mai caldă de aerul rece al iernii.

Fiindcă tot am pomenit de peşti morți, atunci când îi găsiți cu burta în sus în acvariu vă puteți da seama, desigur, că temporar au o densitate mai mică decât colegii lor vii.

Spre deosebire de celelalte planete, Saturn are o densitate medie mai mică decât a apei. Cu alte cuvinte, o bucățică de materie adusă de pe Saturn pluteşte când o puneți în cada plină cu apă. Ştiind acest lucru, mi-am dorit întotdeauna să am în baie o bucățică de Saturn, nu o rățuşcă de plastic.

Dacă hrănim o gaură neagră, orizontul ei de evenimente (limita dincolo de care lumina nu poate trece) creşte direct proporțional cu masa, ceea ce înseamnă că, pe măsură ce masa găurii negre creşte, densitatea medie din orizontul ei de evenimente scade. Între timp, din ce putem cunoaşte cu ajutorul ecuațiilor noastre, conținutul material al unei găuri negre este prăbuşit într-un singur punct central al acesteia, unde densitatea este aproape infinită.

Dar iată cel mai mare mister cu putință: o doză de Pepsi dietetic închisă pluteşte în apă, pe când o doză de Pepsi normal închisă se scufundă.

Dacă dublați numărul de pietricele dintr-o cutie, densitatea o să rămână aceeaşi, pentru că se dublează atât masa, cât şi volumul, aşa încât nu există un efect asupra densității. Dar în univers pot exista obiecte a căror densitate este neobişnuită în raport cu masa şi volumul. Dacă puneți în cutia dumneavoastră pene moi şi pufoase, apoi adăugați încă pe-atâtea, cele de la fund o să se comprime. Ați dublat masa, dar nu şi volumul, aşa că o să aveți o densitate mai mare. La fel se comportă orice lucru comprimabil sub propria greutate. Atmosfera Pământului nu face nici ea excepție: jumătate dintre moleculele ei se află în primii cinci kilometri de la suprafața planetei. Atmosfera Pământului influențează negativ calitatea datelor, motiv pentru care, atunci când vor să facă cercetări, astrofizicienii urcă pe vârfurile munților, cât mai sus în atmosfera Pământului.

Ultimul strat al atmosferei se încheie prin amestecarea cu gazul de joasă densitate al spațiului interplanetar. În mod normal, acest amestec se ridică până la câteva mii de kilometri de suprafața Pământului. Dacă nu ar primi impulsuri periodice, Telescopul Spațial Hubble, navetele spațiale şi alți sateliți care gravitează la doar câteva sute de kilometri de suprafața Pământului ar ieşi de pe orbită, din cauza rezistenței reziduale atmosferice. În perioadele în care Soarele are o activitate foarte intensă (o dată la unsprezece ani), atmosfera superioară a Pământului primeşte o doză mai mare de radiație solară, încălzindu-se şi extinzându-se uneori şi cu câteva mii de kilometri, ceea ce face ca orbitele sateliților să fie afectate mai mult decât în mod obişnuit.

Înainte de vidul obținut în laborator, aerul era lucrul cel mai apropiat de *nimic* pe care ni-l puteam imagina. Împreună cu pământul, focul şi apa, aerul face parte din setul aristotelic de elemente din componența lumii. De fapt, mai exista un al cincilea element, numit chintesență. De factură transcendentă, acest element era mai uşor decât aerul şi mai eteric decât focul. Se presupunea că rarefiata chintesență este materia cerurilor. Foarte ciudat!

Pentru a găsi un mediu rarefiat nu trebuie să mergem până la ceruri, ci doar până în straturile superioare ale atmosferei. La nivelul mării, aerul cântăreşte aproximativ un kilogram pe centimetru pătrat. Dacă tăiem o coloană de atmosferă cu secțiunea de un centimetru pătrat de la nivelul mării şi până la câteva mii de kilometri şi o punem pe cântar, o să descoperim că are un kilogram. În comparație, o coloană de apă cu secțiunea de un centimetru pătrat trebuie să aibă lungimea de aproximativ un metru şi jumătate pentru a cântări un kilogram. În vârful unui munte sau într-un avion aflat la altitudinea de croazieră, coloana de aer de deasupra este mai scurtă, aşa că e mai

uşoară. În vârful Mauna Kea, în Hawaii, la peste 4 000 de metri înălțime, unde se află cele mai puternice telescoape din lume, presiunea atmosferică este de aproximativ 700 de grame pe centimetru pătrat. Atunci când fac observații la fața locului, astrofizicienii mai inhalează din când în când şi oxigen, pentru a-şi păstra acuitatea mentală.

La peste 150 de kilometri înălțime, unde nu sunt astrofizicieni, aerul este atât de rarefiat, încât moleculele de gaz călătoresc relativ mult înainte de a intra în coliziune una cu alta. Dacă între aceste coliziuni se ciocnesc de o particulă străină, au o reacție temporară care le face să emită până la următoarea coliziune un spectru de culori unic. Când aceste particule străine – protoni şi electroni – provin din vântul solar, emisiile de spectru se transformă în perdele unduitoare de lumină, pe care de obicei le numim „aurora". Când a fost măsurat pentru prima oară, spectrul luminii aurorale nu avea un omolog în laborator. Identitatea moleculelor strălucitoare a rămas necunoscută până când am aflat că este vorba de molecule obişnuite de azot şi oxigen, excitate de ciocnirile cu acele particule străine. La nivelul mării, coliziunile foarte rapide absorb acest exces de energie cu mult înainte de a apărea emisia de lumină.

Atmosfera superioară a Pământului nu este singura care produce lumini misterioase. Trăsăturile spectrale ale coroanei solare le-au pus multă vreme probleme astrofizicienilor. Această coroană extrem de rarefiată este regiunea splendidă şi cu aspect arzător din extremitatea Soarelui care devine vizibilă în timpul unei eclipse totale. Trăsătura a fost atribuită unui element necunoscut, care a fost botezat „coroniu". Abia când am aflat că această coroană solară are temperaturi de milioane de grade, ne-am dat seama că elementul misterios era de fapt fier puternic ionizat, o stare a acestui element necunoscută până atunci,

în care electronii din învelişurile exterioare sunt detaşaţi şi plutesc liber în gaz.

Termenul „rarefiat” este folosit de obicei pentru descrierea gazelor, dar o să-mi permit să-l aplic şi în descrierea celebrei centuri de asteroizi a sistemului solar. Din filme sau din alte descrieri ați putea crede că e un loc periculos, în care pluteşte constant ameninţarea unei coliziuni cu bolovani cât casa. Cum arată de fapt centura de asteroizi? Luați 2,5% din masa Lunii (care nu are decât 1/81 din masa Pământului) şi zdrobiți-o în mii de bucăți, dar asigurați-vă că patru dintre acestea conțin trei sferturi din masa totală. Apoi împrăştiați-le pe o arie cu o lărgime de peste 150 de milioane de kilometri care încercuieşte Soarele la o distanță de aproape 2,5 miliarde de kilometri.

Indiferent cât de subțire şi de rarefiată este, coada unei comete are o densitate de 1 000 de ori mai mare decât mediul ambient al spațiului interplanetar. Dată fiind consistența ei nesemnificativă, coada unei comete este remarcabil de vizibilă, pentru că reflectă lumina Soarelui şi re-emite energia absorbită de la Soare. Fred Whipple, de la Centrul pentru astrofizică Harvard-Smithsonian, este considerat părintele teoriei moderne a cometelor. El a descris succint coada unei comete ca fiind cel mai mare lucru care se poate obține din mai nimic. Într-adevăr, dacă am comprima la densitatea aerului volumul cu o lungime de 80 de milioane de kilometri al cozii unei comete, tot gazul din coadă ar umple ceva mai mult de doi kilometri cubi. S-a descoperit că în comete există cianogen, un gaz cu efect letal pentru om, destul de obişnuit în spațiul cosmic. Mai târziu s-a anunțat că Pământul va trece prin coada cometei Halley, după vizita acesteia din 2010 în sistemul nostru solar, aşa că şarlatanii le-au vândut naivilor pilule anticometă.

Miezul Soarelui, locul care generează toată energia lui termonucleară, nu conține materie cu densitate scăzută. Însă miezul constituie doar 1% din volumul Soarelui. Densitatea medie a întregii stele este de patru ori mai mică decât cea a Pământului şi este doar cu 40% mai mare decât a apei obişnuite. Cu alte cuvinte, dacă puneți în cada plină cu apă o linguriță de materie solară, o să se scufunde, dar nu foarte repede. Şi totuşi, peste cinci miliarde de ani, miezul Soarelui va fi topit deja aproape tot hidrogenul în heliu, după care o să înceapă să topească heliul, transformându-l în carbon. Luminozitatea stelei va creşte de mii de ori, iar temperatura va scădea la jumătate față de cea de astăzi. Legile fizicii ne spun că singura cale ca un obiect să devină mai luminos şi, în acelaşi timp, mai rece este să crească. Aşa cum o să vedem în Partea a cincea, Soarele o să se extindă într-o minge de gaz rarefiat care va depăşi zona orbitei Pământului, în timp ce densitatea va scădea la mai puțin de a zecea miliarda parte din cea actuală. Bineînțeles, oceanul nostru planetar şi atmosfera se vor evapora în spațiu, dar nu ne ocupăm aici de asta. Chiar şi în acest grad de rarefiere, marginile atmosferei Soarelui vor împiedica deplasarea Pământului pe orbită, forțându-l să urmeze o traiectorie spiralată spre mormântul termonuclear.

Dincolo de sistemul nostru solar se întinde spațiul interstelar. Oamenii au lansat patru nave spațiale cu o viteză suficient de mare pentru a ajunge acolo: Pioneer 10 şi 11 şi Voyager 1 şi 2. Cea mai rapidă dintre ele, Voyager 2, va ajunge la steaua care se află cel mai aproape de Soare în aproximativ 25 000 de ani.

Da, spațiul interstelar este gol. Dar, la fel ca în cazul cozii rarefiate a unei comete în spațiul interplanetar, norii de gaz aflați în spațiul interstelar au o densitate de o sută până la o mie de ori mai mare decât cea a mediului ambient, aşa

încât pot fi văzuți atunci când se află în apropierea unei stele. Când a fost analizată lumina din aceste nebulozități pline de culoare, spectrul a dat la iveală tipare necunoscute. Ignoranța noastră a creat şi aici un element ipotetic, numit „nebuliu". Spre sfârşitul secolului al XIX-lea, era limpede că nu există vreun loc în tabelul periodic al elementelor pentru nebuliu. După ce au fost îmbunătățite tehnicile de obținere a vidului în laborator, pe măsură ce tot mai multe trăsături spectrale neobişnuite erau puse pe seama unor elemente cunoscute, au apărut şi bănuielile – mai târziu confirmate – că elementul nebuliu este pur şi simplu oxigen într-o stare extraordinară. Dar ce stare putea fi? Atomii erau sărăciți de doi electroni şi trăiau în vidul aproape perfect al spațiului interstelar.

Atunci când părăsiți galaxia, lăsați în urmă aproape tot ce este gaz, praf, stea, planetă sau moloz. Intrați într-un inimaginabil vid cosmic. Să vedem: un cub de spațiu intergalactic cu muchia de 200 000 de kilometri conține aproximativ acelaşi număr de atomi pe care îi conține aerul din frigiderul dumneavoastră. Spațiul intergalactic nu este doar iubitor de vid – este făcut din el.

Din păcate, un vid absolut, perfect, este imposibil de obținut sau de găsit. Aşa cum am văzut în Partea a doua, una dintre ciudatele predicții ale mecanicii cuantice susține că vidul spațial conține un ocean de particule „virtuale" care prind viață şi mor împreună cu omoloagele lor din antimaterie. Virtualitatea este dată de faptul că au o durată de viață atât de scurtă încât existența lor directă nu poate fi măsurată niciodată. Această „energie a vidului", aşa cum o numim noi, poate exercita presiuni antigravitaționale care în cele din urmă vor duce la o expansiune tot mai accelerată a universului, rarefiind şi mai mult spațiul intergalactic.

Ce este dincolo?

Unii dintre cei care se bălăcesc în metafizică presupun că în afara universului, acolo unde nu există spațiu, nu există nimic. Am putea numi acest loc ipotetic cu densitate zero „nimicul nimicului”, numai că suntem siguri că o să găsim acolo o mulțime de iepuri dispăruți din spectacolele de magie.

15. DINCOLO DE CURCUBEU

De câte ori desenează biologi, chimişti sau ingineri, caricaturiştii le pun personajelor halate albe de laborator din buzunarele cărora ies creioane şi pixuri. Astrofizicienii folosesc o mulțime de creioane şi pixuri, dar nu poartă echipament de protecție decât atunci când lucrează la ceva ce trebuie expediat în spațiu. Laboratorul nostru principal este cosmosul şi, în afara cazului în care avem ghinionul să fim loviți de vreun meteorit, nu riscăm să ne pătăm sau pârlim hainele cu lichide caustice picate din cer. Tocmai asta este provocarea. Cum studiem ceva care nu ne poate murdări hainele? Cum pot şti astrofizicienii ceva despre univers şi despre conținutul lui dacă toate obiectele de studiu sunt la distanțe de ani-lumină?

Din fericire, lumina emanată de o stea spune mult mai multe decât poziția sau strălucirea ei. Atomii obiectelor care strălucesc duc o viață foarte activă. Micuții lor electroni absorb şi emit lumină încontinuu. Iar dacă mediul nu este destul de fierbinte, coliziunile energice dintre atomi pot elibera o parte dintre electroni sau chiar pe toți, permițându-le să împrăştie lumină în toate părțile. Una peste alta, atomii îşi pun amprenta pe lumina studiată de noi, şi astfel putem determina ce elemente sau molecule chimice provoacă acea lumină.

Isaac Newton a trecut lumina albă printr-o prismă încă din 1666, producând familiarul spectru de culori pe care îl ştim şi astăzi, aşa cum a fost numit de el: roşu, oranj, galben, verde, albastru, indigo, violet (rogvaiv). Se mai jucaseră şi alții cu prisma înaintea lui, însă ce a făcut Newton nu avea un precedent. A trecut spectrul de culori înapoi printr-o altă prismă, obținând din nou lumina albă de la care pornise şi demonstrând o proprietate remarcabilă a luminii, care nu se poate regăsi pe paletele pictorilor – aici, amestecate, cele şapte culori dau o culoare care seamănă cu cea a noroiului. Newton a încercat şi dispersia fiecărei culori

în parte, dar a descoperit că sunt pure. Şi, în ciuda celor şapte nume foarte diferite, culorile spectrului se transformă foarte fin şi continuu din una în următoarea. Ochiul uman nu are capacitatea de a face ce face prisma, care este o altă fereastră către univers.

O cercetare atentă a spectrului solar cu ajutorul unor instrumente şi tehnici optice de precizie, care nu existau pe vremea lui Newton, scot la iveală nu doar cele şapte culori, ci şi segmente înguste ale spectrului din care culoarea lipseşte. Aceste „linii" din interiorul luminii au fost descoperite în 1802 de medicul-chimist englez William Hyde Wollaston, care – în mod naiv, deşi raţional – a sugerat că există graniţe care apar în mod natural între culori. O interpretare mai pe larg a fenomenului a fost făcută de fizicianul şi opticianul german Joseph von Fraunhofer (1787-1826), care şi-a dedicat cariera analizei cantitative a spectrelor şi construirii unor dispozitive optice care să le genereze. Fraunhofer este considerat adesea părintele spectroscopiei moderne, dar am putea susţine la fel de bine că a fost părintele astrofizicii. Între 1814 şi 1817 a trecut prin prismă lumina unor flăcări şi a descoperit că tiparul liniilor este asemănător cu ceea ce vedem în spectrul solar, care, la rându-i, seamănă cu spectrul multor stele, printre care şi Capella, una dintre cele mai strălucitoare de pe cerul nopţii.

La jumătatea secolului al XIX-lea, chimiştii Gustav Kirchhoff şi Robert Bunsen (de numele căruia aţi auzit sigur la orele de chimie – vezi celebrul arzător Bunsen) au început să treacă prin prismă lumina unor substanţe aprinse, apoi au cartografiat tiparele produse de elementele cunoscute şi au descoperit o mulţime de elemente noi, inclusiv rubidiul şi cesiul. Fiecare element a produs propriul tipar – propria carte de vizită – în spectrul studiat de ei. Această

întreprindere s-a dovedit atât de fertilă încât al doilea cel mai răspândit element din univers, heliul, a fost descoperit în spectrul solar înainte de a fi descoperit pe Pământ. Numele elementului îi spune şi istoria: este derivat din numele grecesc *Helios*, „Soarele”.

O explicaţie detaliată şi exactă a modului în care se comportă atomii şi electronii lor din liniile spectrale avea să apară abia în epoca fizicii cuantice, după o jumătate de secol, dar saltul conceptual fusese deja făcut: aşa cum Newton a conectat prin ecuaţiile pentru gravitaţie tărâmul fizicii de laborator cu sistemul solar, Fraunhofer a conectat tărâmul chimiei de laborator cu cosmosul. A stabilit pentru prima oară un cadru pentru identificarea elementelor chimice ale universului şi pentru stabilirea condiţiilor de temperatură şi presiune în care tiparele ies la iveală într-o analiză spectroscopică.

Printre cele mai stupide afirmaţii făcute vreodată de un filosof, găsim această proclamaţie din 1835 a lui Auguste Comte (1798-1857) în *Curs de filosofie pozitivă*:

> *În ceea ce priveşte stelele, toate cercetările care nu pot fi reduse la observaţii cu ochiul liber ne sunt... interzise cu necesitate. N-o să reuşim niciodată, prin niciun mijloc, să le studiem compoziţia chimică... Consider că n-o să putem niciodată să avem o idee despre temperatura reală a stelelor.* (p. 16)

Citatele de genul ăsta te pot face să te temi să mai publici ceva.

După numai şapte ani, în 1842, fizicianul austriac Christian Doppler a propus ceea ce avea să devină cunoscut ca „efectul Doppler”, care reprezintă schimbarea din frecvenţa unei unde emise de un obiect în mişcare. Un astfel de obiect lasă unde extinse (cu o frecvenţă redusă de trecerea lui) în urma lui şi comprimă undele din calea lui

(crescându-le frecvența). Cu cât un obiect se mişcă mai repede, cu atât lumina este mai comprimată în faţa lui şi mai extinsă în urmă. Această relaţie simplă dintre viteză şi frecvenţă are implicaţii profunde. Dacă ştim frecvenţa care a fost emisă, dar măsurând-o obţinem o valoare diferită, diferenţa dintre cele două valori este expresia directă a vitezei unui obiect. Într-o lucrare din 1842, Doppler face următoarea afirmaţie premonitorie:

> *Ar cam trebui să acceptăm că asta [efectul Doppler] o să le ofere mijloace astronomilor, în viitorul nu prea îndepărtat, pentru a determina mişcările... unor stele în cazul cărora... până acum nu ne permiteam să credem că putem face astfel de determinaţii şi măsurători.* (Schwippell 1992, pp. 46-54)

Ideea este valabilă pentru undele sonore şi de lumină, dar, de fapt, pentru orice tip de undă. (Pariez că Doppler ar fi surprins să afle că descoperirea lui este folosită de „pistoalele radar" folosite de poliţişti pentru a stoarce bani de la cei care conduc automobilul cu o viteză peste cea stabilită de lege.) În 1845, Doppler făcea experimente cu muzicieni care cântau pe vagoane-platformă, în timp ce persoane cu un auz foarte fin notau schimbările de tonalitate pe care le detectau pe măsură ce vagonul se îndepărta sau se apropia.

Spre sfârşitul secolului al XIX-lea, odată cu răspândirea spectrografului şi a proaspăt descoperitei ştiinţe a fotografiei, domeniul astronomiei a renăscut ca disciplină, sub o denumire nouă: astrofizica. Una dintre cele mai proeminente publicaţii din domeniu, *Astrophysical Journal*, a fost fondată în 1895 şi, până în 1962, a purtat subtitlul „Revistă internaţională de spectroscopie şi fizică astronomică". Chiar şi astăzi, aproape orice lucrare în care

sunt raportate observații asupra universului fie oferă o analiză de spectru, fie relevă o influență foarte puternică a datelor spectroscopice obținute de alții.

Pentru a genera spectrul unui obiect este nevoie de mai multă lumină decât pentru luarea unui instantaneu, aşa că cele mai mari telescoape din lume – cum sunt Keck, din Hawaii, care au o oglindă primară cu diametrul de 10 metri – au ca sarcină primară detectarea spectrului. Pe scurt, dacă nu am fi avut capacitatea de a analiza spectrul, n-am fi ştiut mai nimic din ce se petrece în univers.

Profesorii de astrofizică se confruntă cu o problemă foarte dificilă. Cercetătorii îşi deduc aproape toate cunoştințele despre structura, formarea şi evoluția lucrurilor din univers din studierea spectrelor. Dar această analiză se află la distanță de câteva niveluri de inferență de lucrurile care sunt studiate. Analogiile şi metaforele sunt utile pentru legarea unei idei complexe, oarecum abstracte, cu una mai simplă, mai tangibilă. Biologul poate descrie forma unei molecule de ADN prin două spirale conectate între ele aşa cum sunt conectate lateralele unei scări prin trepte. Îmi pot imagina o spirală, îmi pot imagina două spirale, la fel şi treptele unei scări. Prin urmare, îmi pot imagina forma moleculei. Fiecare parte din descriere este la un singur nivel de inferență de molecula însăşi. Analogia poate produce foarte uşor o imagine în mintea mea. Indiferent cât de simplu sau de dificil ar fi subiectul, acum se poate discuta ştiințific despre molecula respectivă.

Dar explicarea modului în care aflăm viteza unei stele care se îndepărtează presupune deplasarea cu cinci niveluri de abstracție.

Nivelul 0:	Steaua
Nivelul	Imaginați-vă o stea

1:	
Nivelul 2:	Lumina imaginii unei stele
Nivelul 3:	Spectrul de lumină al imaginii stelei
Nivelul 4:	Tiparele liniilor care alcătuiesc spectrul de lumină al imaginii stelei
Nivelul 5:	Modificările din tiparele liniilor care alcătuiesc spectrul de lumină al imaginii stelei

Trecerea de la nivelul 0 la nivelul 1 înseamnă un pas banal, acelaşi pe care îl facem ori de câte ori facem o poză cu aparatul foto. Dar atunci când explicaţia ajunge la nivelul 5, auditoriul este buimac sau pur şi simplu adormit. Acesta este motivul pentru care publicul larg aude foarte rar de rolul spectrelor în descoperirile cosmice: este pur şi simplu o distanţă prea mare pentru o explicaţie simplă sau eficientă.

Atunci când proiectăm expoziţii la un muzeu de istorie naturală – sau la orice alt muzeu pentru care contează obiectele reale – încercăm de obicei să găsim obiecte pe care să le expunem: pietre, oase, instrumente ş.a.m.d. Toate acestea sunt mostre de „nivel 0” şi nu presupun o investiţie cognitivă prea mare pentru a explica ce reprezintă obiectele respective. Însă pentru o expoziţie de astrofizică, orice încercare de a expune o stea sau un quasar ar vaporiza muzeul.

Cele mai multe expoziţii de astrofizică sunt concepute la nivelul 1, constând în principal din expunerea unor fotografii, de multe ori izbitoare şi frumoase. Telescopul Spaţial Hubble, celebrul instrument de acest gen din zilele noastre, este cunoscut publicului mai ales datorită faptului că realizează superbe imagini color cu obiecte din univers.

Problema este că, după ce vedeți astfel de expoziții, puteți căpăta o stare poetică indusă de frumusețea universului, dar nu înțelegeți mai multe lucruri decât înainte despre cum funcționează el. Pentru a-l cunoaşte cu adevărat trebuie să ajungeți la nivelurile 3, 4 şi 5. Telescopul Hubble are o mare importanță ştiințifică, dar nu veți afla niciodată din relatările de presă că fundamentul cunoştințelor noastre despre cosmos este dat de analiza spectrelor, nu de imaginile frumoase. Aş vrea ca oamenii să înțeleagă nu doar nivelurile de expunere 0 şi 1, ci şi nivelul 5, care solicită o investiție intelectuală mai mare din partea celor interesați, dar şi (mai ales) a educatorului.

Una este să vezi o fotografie color frumoasă, făcută la lumină obişnuită, a unei nebuloase din galaxia Calea Lactee şi cu totul alta este să afli din analiza spectrului de unde radio că în acei nori se află stele nou formate cu o masă foarte mare. Astfel de nori gazoşi sunt o pepinieră de stele care contribuie la regenerarea luminii din univers.

Aflați că din când în când stelele cu masă foarte mare explodează. Puteți vedea fotografii ale acestor explozii. Dar spectrele de raze X şi de lumină vizibilă ale acestor stele care mor dau la iveală existența unei serii de elemente grele care îmbogățesc galaxia şi se regăsesc şi printre elementele care alcătuiesc Pământul. Nu numai că trăim printre stele – stelele înseşi trăiesc în noi.

Una este să te uiți la un afiş cu o frumoasă galaxie spiralată şi cu totul alta să ştii, după modificările Doppler din trăsăturile spectrului, că acea galaxie se roteşte cu 200 de kilometri pe secundă, aspect din care putem deduce prezența a 100 de miliarde de stele pentru care funcționează legile newtoniene ale gravitației. Şi, apropo, acea galaxie se îndepărtează de noi cu o zecime din viteza luminii, ca urmare a expansiunii universului.

Una este să te uiți la o stea apropiată, care seamănă cu Soarele ca luminozitate şi temperatură, şi cu totul alta să foloseşti măsurători Doppler ale mişcării stelei făcute cu instrumente hipersensibile pentru a deduce existența unor planete care gravitează în jurul ei. La momentul povestirii noastre, catalogul prezintă 200 de astfel de planete, nu doar pe cele din sistemul nostru solar.

Una este să observi lumina unui quasar la marginea universului şi cu totul alta să analizezi spectrul acelei lumini pentru a deduce structura universului invizibil care se întinde în calea ei sub formă de nori gazoşi sau alte obstacole care ştirbesc spectrul.

Din fericire pentru toți specialiştii în magnetohidrodinamică, structura atomică este uşor modificată de influența unui câmp magnetic. Această modificare se manifestă în tiparul spectral al atomilor afectați de respectivul câmp magnetic.

Înarmați cu versiunea relativistă einsteiniană a formulei lui Doppler, putem deduce viteza de expansiune a întregului univers din spectrele nenumăratelor galaxii mai apropiate sau mai îndepărtate, obținând totodată informații şi despre vârsta şi soarta universului.

Se poate argumenta foarte temeinic că ştim mai multe despre univers decât ştiu biologul marin despre fundul oceanului şi geologul despre centrul Pământului. Astrofizicienii moderni nu sunt nişte neputincioşi care se holbează la stele. Sunt înarmați până-n dinți cu instrumente şi tehnici de spectroscopie care le permit să stea pe Pământ şi să atingă totuşi stelele (fără să-şi frigă degetele), susținând că ştiu despre ele mai mult decât oricând.

16. FERESTRE COSMICE

Aşa cum am mai menționat în Secțiunea întâi, se consideră adesea că ochiul uman este unul dintre cele mai impresionante organe ale corpului. Capacitatea lui de a privi aproape şi la distanță, posibilitatea de a se ajusta la diferite niveluri de lumină şi aceea de a distinge culori constituie pentru mulți cele mai spectaculoase caracteristici ale văzului. Dar atunci când observăm că există atât de multe benzi de lumină invizibile pentru noi, suntem obligați să susținem că oamenii sunt practic orbi. Cât de impresionant este auzul nostru? Liliecii au o sensibilitate a auzului care o depăşeşte pe a noastră cu un ordin de magnitudine. Iar dacă simțul nostru olfactiv ar fi la fel de dezvoltat ca al câinilor, atunci nu am mai avea nevoie de ei la vămile din aeroport pentru descoperirea bunurilor de contrabandă.

Istoria descoperirilor făcute de oameni este caracterizată de dorința nestăvilită de a ne extinde simțurile dincolo de limitele naturale. Această dorință ne-a făcut să deschidem ferestre noi către univers. De exemplu, începând din anii 1960, când primele sonde ale sovieticilor şi ale NASA au pornit către Lună şi către planete, instrumentele au evoluat şi astăzi considerăm că standardele pentru explorarea spațiului sunt sondele controlate de calculator, pe care le putem numi, pe bună dreptate, „roboți”. Roboții spațiali prezintă câteva avantaje în raport cu astronauții: lansările sunt mai ieftine, pentru experimentele de foarte mare precizie nu este nevoie de costume presurizate complicate şi, dat fiind că nu sunt vii în vreun sens tradițional al cuvântului, roboții nu pot fi ucişi în vreun accident spațial. Însă, până când calculatoarele vor putea simula curiozitatea şi sclipitoarea intuiție umană, până când vor reuşi să sintetizeze informație şi să recunoască o descoperire întâmplătoare atunci când se află sub nasul lor (poate şi atunci când nu se află), roboții rămân instrumente

proiectate pentru a descoperi ce ne aşteptăm deja să descoperim.

Din nefericire, există întrebări profunde privitoare la natură care nu au fost puse încă.

Cea mai semnificativă îmbunătățire a firavelor noastre simțuri este extinderea văzului la benzile invizibile din ceea ce numim „spectru electromagnetic”. La sfârşitul secolului al XIX-lea, fizicianul german Heinrich Hertz a făcut câteva experimente care au ajutat la unificarea conceptuală a ceea ce până atunci consideram că sunt forme de radiație fără legătură între ele. S-a dovedit că undele radio, infraroşii, de lumină vizibilă şi ultraviolete fac parte din familia luminii, dar au o energie diferită. Spectrul complet, care conține şi părțile descoperite datorită muncii lui Hertz, porneşte de la undele radio sărace în energie şi continuă cu cele care au energie tot mai multă: microundele, undele infraroşii, cele de lumină vizibilă (unde sunt conținute şi cele şapte culori ale curcubeului: roşu, oranj, galben, verde, albastru, indigo, violet), ultravioletele, razele X şi razele gamma.

Superman, care vedea razele X, nu avea niciun avantaj față de oamenii de ştiință din zilele noastre. Sigur, era ceva mai puternic decât astrofizicianul obişnuit, dar astăzi astrofizicianul poate să „vadă” fiecare parte importantă a spectrului electromagnetic. Fără extinderea acestei capacități de a vedea, am fi nu doar orbi, ci şi ignoranți – existența multor fenomene astrofizice este dată le iveală doar prin anumite ferestre.

În rândurile următoare dezvăluim ce se vede aruncând o privire prin fiecare fereastră către univers, începând cu cea a undelor radio, care au nevoie de detectori foarte diferiți de cei care se găsesc în retina umană.

În 1932, Karl Jansky, care lucra la Laboratoarele Bell şi avea la dispoziție o antenă radio, a „văzut” pentru prima

oară semnale radio care nu erau emise de pe Pământ. Descoperise centrul Căii Lactee. Semnalele radio erau atât de intense, încât, dacă ochiul uman ar fi perceput doar unde radio, atunci centrul galaxiei ar fi fost una dintre cele mai strălucitoare surse de lumină de cer.

Cu ajutorul unor instrumente electronice ingenioase, undele radio pot fi transmise codificat şi apoi transformate în sunet. Este vorba despre aparatul pe care îl numim „radio". Aşadar, graţie extinderii capacităţii noastre de a vedea am reuşit, de fapt, să ne extindem şi capacitatea de a auzi. Dar orice sursă de unde radio – şi, practic, orice sursă de energie – poate fi canalizată pentru a face să vibreze conul unui difuzor, chiar dacă uneori jurnaliştii înţeleg greşit acest fenomen simplu. De exemplu, când a fost descoperită emisia radio dinspre Saturn, astronomii au apelat la un simplu receptor radio echipat cu un difuzor. Semnalul undelor radio a fost convertit apoi în unde sonore, iar jurnaliştii au spus că de pe Saturn vin „sunete" şi că formele de viaţă de acolo încearcă să ne spună ceva.

Astăzi, când avem detectoare radio mult mai sensibile şi mai sofisticate decât cele de care dispunea Karl Jansky, explorăm nu doar Calea Lactee, ci întregul univers. Ca o reminiscenţă a înclinaţiei noastre de a nu crede decât ceea ce putem vedea, primele unde radio detectate din univers au fost considerate nedemne de încredere până când au fost confirmate de observaţiile făcute cu un telescop obişnuit. Din fericire, cele mai multe obiecte emiţătoare de unde radio emit şi ceva lumină vizibilă, aşa că nu este întotdeauna nevoie de încredere oarbă. În cele din urmă, telescoapele cu unde radio au dus la un lung şir de descoperiri, printre care se numără încă misterioşii quasari (un fel de acronim al expresiei „sursă radio cvasistelară), unele dintre cele mai îndepărtate obiecte din universul cunoscut de noi.

Galaxiile bogate în gaze emit unde radio din numeroşii atomi de hidrogen care se găsesc acolo (peste 90% dintre atomii universului sunt atomi de hidrogen). O reţea foarte mare de telescoape radio conectate între ele poate genera imagini foarte detaliate ale conţinutului gazului unei galaxii, scoţând la iveală caracteristici foarte complexe ale gazelor de hidrogen, cum ar fi petele, găurile şi filamentele. Din foarte multe puncte de vedere, sarcina cartografierii galaxiilor nu se deosebeşte foarte mult de aceea cu care s-au confruntat cartografii secolelor al XV-lea şi al XVI-lea, care ne-au oferit reprezentări ale continentelor – aşa distorsionate cum erau – ce constituiau o nobilă încercare umană de a descrie lumi de dincolo de raza fizică de acţiune.

Dacă ochiul uman ar fi sensibil la microunde, atunci această fereastră a spectrului ne-ar permite să vedem undele emise de pistolul radar al poliţistului ascuns în tufişuri pe marginea şoselei. Iar noaptea am putea vedea strălucirea releelor telefonice care emit microunde. Trebuie să ştiţi totuşi că un cuptor cu microunde nu ar arăta altfel, fiindcă folia inserată în uşă reflectă microundele, împiedicându-le să scape din interiorul cuptorului. În felul acesta este protejată umoarea vitroasă a ochilor dumneavoastră, pentru a nu fi gătită odată cu mâncarea.

Telescoapele cu microunde nu au fost folosite susţinut în observarea universului decât începând de la sfârşitul anilor 1960. Ele ne permit să vedem în norii reci şi denşi de gaz interstelar, care în cele din urmă intră în colaps gravitaţional şi formează stele şi planete. Elementele grele din aceşti nori se asamblează uşor în molecule complexe, a căror amprentă în banda de microunde a spectrului este inconfundabilă, pentru că se potriveşte cu cea a moleculelor identice care se află pe Pământ.

O parte dintre moleculele cosmice ne sunt cunoscute din casă:

NH_3 (amoniac)
H_2O (apă)

Altele sunt letale:

CO (monoxid de carbon)
HCN (acid cianhidric)

Altele o să vă amintească de un spital:

H_2CO (formaldehidă)
C_2H_5OH (alcool etilic)

În fine, altele n-o să vă spună nimic:

N_2H+ (ion de dinitrogen monohidric)
CHC_3CN (cianodiacetilenă)

Sunt cunoscute aproape 130 de molecule, inclusiv glicina, un aminoacid care constituie elementul de bază al proteinei, deci al vieții înseşi.

Fără îndoială, telescoapele cu microunde au dus la cea mai importantă descoperire din astrofizică. Căldura rămasă de la Big Bang a scăzut astăzi până la trei grade pe scara absolută de temperatură. (Aşa cum o să detaliem în această secțiune, scara absolută de temperatură fixează în mod rezonabil cea mai scăzută temperatură la zero grade, aşa încât nu există temperaturi negative. Zero absolut corespunde unei temperaturi de minus 273 de grade Celsius, în vreme ce 310 grade pe scara absolută corespund temperaturii camerei.) În 1965, aceste rămăşițe ale Big Bangului au fost măsurate printr-o întâmplare fericită într-o observație care a câştigat Premiul Nobel şi a fost desfăşurată la Laboratoarele Bell de fizicienii Arno Penzias şi Robert

Wilson. Rămăşiţele se găsesc în oceanul omniprezent şi omnidirecţional de lumină care este dominat de microunde.

Probabil că această descoperire este cel mai bun exemplu de întâmplare fericită. Penzias şi Wilson şi-au propus un scop umil: să găsească undele terestre care interferează în comunicarea prin microunde. Au descoperit în schimb dovezi importante în sprijinul teoriei Big Bang a originii universului. Ca şi cum ai merge la pescuit de plevuşcă şi ai prinde o balenă albastră.

Mai departe pe scara spectrului electromagnetic avem lumina infraroşie. Nici ea nu este vizibilă pentru oameni, dar le este cunoscută fanilor fast-food, pentru că în restaurantele de acest tip cartofii prăjiţi sunt ţinuţi calzi ore întregi cu ajutorul lămpilor cu infraroşii. Aceste lămpi emit şi lumină vizibilă, dar principala emisie este aceea de fotoni infraroşii, pe care mâncarea îi absoarbe foarte uşor. Dacă retina umană ar fi sensibilă la aceste raze, atunci noaptea, într-o casă în care toate luminile sunt stinse, ar ieşi la iveală toate obiectele care au o căldură mai mare decât cea a încăperii, cum ar fi fierul de călcat (dacă e băgat în priză), metalul din jurul lămpii de veghe a centralei termice, ţevile de apă caldă şi pielea descoperită a oricărui om aflat în încăpere. Tabloul nu ar fi mai bogat decât ceea ce se vede cu ajutorul luminii vizibile, dar există câteva utilizări creative ale unei astfel de vederi, cum ar fi aceea de a cerceta casa în timpul iernii pentru a vedea unde există scurgeri de căldură.

În copilărie ştiam că noaptea, când toate luminile sunt stinse, vederea în infraroşu poate descoperi monştrii ascunşi în şifonierul din dormitor numai dacă aceştia au sânge cald. Dar toată lumea ştie că monştrii de dormitor obişnuiţi au sânge rece, fiind reptilieni. Aşadar, vederea în infraroşu nu ar putea deosebi monstrul de pereţi şi de celelalte obiecte din preajmă.

În cazul universului, fereastra infraroşiilor ne ajută cel mai mult atunci când vrem să sondăm norii deşi în care se află pepinierele stelare. Stelele proaspăt formate sunt adesea învăluite în resturi de gaz şi praf. Aceşti nori absorb cea mai mare parte a luminii vizibile care provine de la stelele din interior şi o radiază mai departe în infraroşu, făcând inutilă fereastra noastră de lumină vizibilă. Deşi lumina vizibilă este absorbită, undele infraroşii traversează aceşti nori cu o atenuare minimă, lucru foarte important pentru studierea galaxiei Calea Lactee, pentru că aici întâlnim cel mai mare grad de obscurizare a luminii vizibile emise de stele. Întoarse acasă, fotografiile în infraroşu cu suprafaţa Pământului făcute de sateliţi scot la iveală, printre altele, traseele curenţilor oceanici, cum ar fi Curentul Atlanticului de Nord, care dă târcoale insulelor britanice, împiedicându-le să devină o destinaţie turistică de iarnă.

Energia emisă de Soare, a cărui temperatură de suprafaţă este de aproximativ 6 000 de grade pe scara absolută, include din belşug infraroşii, dar este foarte bogată în partea cea vizibilă a spectrului, la care este foarte sensibilă retina umană. Chiar dacă nu v-aţi gândit niciodată la asta, să ştiţi că din acest motiv ne este utilă vederea în timpul zilei. Dacă nu ar fi existat această potrivire de spectru, ne-am fi putut plânge, pe bună dreptate, că sensibilitatea retinei noastre nu ne este de niciun folos. În mod normal nu ne gândim la faptul că lumina penetrează medii, dar ea trece aproape neafectată prin aer şi sticlă. În schimb, ultravioletele sunt absorbite rapid de sticla obişnuită, aşa că ferestrele din sticlă nu s-ar fi deosebit prea mult de cele din cărămidă dacă ochii noştri ar fi fost sensibili doar la ultraviolete.

Stelele de peste trei sau patru ori mai fierbinţi decât Soarele sunt mari producătoare de lumină ultravioletă. Din fericire, acestea strălucesc şi în partea vizibilă a spectrului,

aşa că descoperirea lor nu depinde de accesul la telescoape cu ultraviolete. Stratul de ozon din atmosfera noastră absoarbe majoritatea razelor ultraviolete, X şi gamma care ajung la el, aşa încât analiza mai detaliată a stelelor mai fierbinți este făcută de pe orbita Pământului sau de dincolo de ea. Aceste ferestre de înaltă energie reprezintă subdiscipline relativ tinere ale astrofizicii.

Ca pentru a anunța un secol de viziune extinsă, primul Premiu Nobel acordat vreodată pentru fizică a fost primit de fizicianul german Wilhelm C. Röntgen în 1901 pentru descoperirea razelor X. Razele ultraviolete şi razele X au dat la iveală prezența unora dintre cele mai exotice obiecte din univers: găurile negre. Acestea nu emit lumină – gravitația lor este prea puternică pentru ca lumina să poată evada, aşa că existența lor trebuie dedusă din energia emisă de materia unor stele care îi cad victimă. Aceasta îşi poate face drum la suprafață. Scena se aseamănă foarte mult cu apa care se scurge în vârtej în vasul de toaletă. La temperaturi de peste douăzeci de ori mai mari decât cea de la suprafața Soarelui, razele X şi ultraviolete sunt forma predominantă de energie pe care o degajă materia înainte de a dispărea în gaura neagră.

Actul descoperirii unui lucru nu presupune să înțelegi ce ai descoperit nici înainte, nici după ce ai făcut-o. Aşa au stat lucrurile cu radiația cosmică de fond şi se întâmplă astăzi cu exploziile de raze gamma. Aşa cum vom vedea în Partea a şasea, fereastra de raze gamma a scos la iveală explozii misterioase ale razelor gamma de înaltă energie peste tot în cer. Descoperirea a fost posibilă doar după folosirea telescoapelor spațiale cu raze gamma, dar originea şi cauza acestor explozii ne scapă.

Dacă lărgim conceptul de vedere pentru a include detectarea particulelor subatomice, atunci putem să facem

uz de neutrin. Aşa cum am văzut în Partea a doua, lunecosul neutrin este o particulă subatomică apărută de câte ori un proton se transformă într-un neutron şi un pozitron, care este partenerul de antimaterie al electronului. Oricât de obscur ar părea acest proces, are loc de o sută de miliarde de miliarde de miliarde de miliarde (1038) de ori în fiecare secundă. Neutrinii dispar apoi din Soare ca şi cum nu s-ar fi aflat acolo niciodată. Un telescop cu neutrini ne-ar permite să vedem miezul Soarelui şi fuziunea nucleară de acolo, ceea ce nicio bandă a spectrului electromagnetic nu ne lasă acum să vedem. Dar neutrinii sunt greu de surprins, fiindcă nu prea interacţionează cu materia, aşa că visul unui telescop cu neutrini eficient este unul foarte îndepărtat, dacă nu chiar imposibil.

Detectarea undelor gravitaţionale, o altă fereastră sensibilă spre univers, ar scoate la iveală evenimente catastrofice din cosmos. Dar la momentul la care scriu aceste rânduri, undele gravitaţionale, prezise de teoria generală a relativităţii emisă de Einstein în 1916 sub forma unor falduri în spaţiu şi timp, nu au fost detectate. Fizicienii de la Institutul Tehnologic din California lucrează la un detector special de unde gravitaţionale care constă într-o ţeavă de eşapament în formă de L, cu braţe de patru kilometri, în care se află raze laser. Dacă sunt străbătute de o undă gravitaţională, lumina dintr-un braţ o să se deosebească uşor de cea din celălalt. Experimentul LIGO (Observatorul cu interferometru laser gravitaţional) este suficient de sensibil pentru a detecta undele gravitaţionale emise de coliziunea unor stele aflate la peste 100 de milioane de ani-lumină de noi. Ne putem imagina că în viitor, atunci când vor apărea evenimente gravitaţionale în univers – coliziuni, explozii şi implozii stelare –, o să le putem observa în mod obişnuit pe această cale. S-ar putea ca într-o bună zi să deschidem această fereastră atât de

mult încât să putem vedea dincolo de peretele opac al radiației cosmice de fond, până la începutul timpului.

17. CULORILE COSMOSULUI

Doar câteva obiecte de pe cerul nopții sunt suficient de strălucitoare pentru a activa celulele conice din retină, sensibile la culoare. Marte, Planeta Roşie, poate face asta. La fel şi steaua supergigantă albastră Rigel (rotula dreaptă a constelației Orion) şi steaua supergigantă roşie Betelgeuse (subrațul stâng al constelației Orion). Dar, în afară de aceste excepții, putem vedea foarte puțin. Privit cu ochiul liber, spațiul pare un loc întunecat şi lipsit de culoare.

Universul îşi arată adevăratele culori atunci când este privit printr-un telescop mare. Obiectele strălucitoare, aşa cum sunt stelele, au trei culori de bază: roşu, alb şi albastru – părinții fondatori ai Americii ar fi fost mândri de asta. Norii gazoşi interstelari pot avea practic orice culoare, în funcție de elementele chimice din componența lor şi de modul în care sunt fotografiați. Culoarea unei stele este dată de temperatura la suprafață. Stelele reci sunt roşii. Cele calde sunt albe. Cele fierbinți sunt albastre. Iar stelele foarte fierbinți sunt tot albastre. Dar stelele foarte, foarte fierbinți, care au în centru 15 milioane de grade, ca Soarele? Tot albastre. Pentru un astrofizician ideea asocierii dintre roşu şi fierbinte pur şi simplu nu este prea fericită.

Sau este?

O conspirație a legilor astrofizicii şi a fiziologiei umane împiedică existența stelelor verzi. Dar ce putem spune despre cele galbene? Unele manuale de astronomie, multe povestiri ştiințifico-fantastice şi aproape toți oamenii de pe stradă fac parte din mişcarea „Soarele e galben”. Totuşi, fotografii profesionişti sunt în stare să jure că este albastru – fotografierea „la lumina zilei” este reglată pornind de la aşteptarea că sursa de lumină (Soarele, cel mai probabil) este cât se poate de albastră. Vechile becuri cu punct albastru pentru lămpi fotografice reprezintă un bun exemplu al încercării de a simula lumina albastră a Soarelui pentru fotografiile făcute în interior. Artişti de atelier susțin,

cel mai probabil, că Soarele este alb, fiindcă le oferă posibilitatea de a vedea cel mai bine care este pigmentul vopselelor alese.

Fără îndoială, prin orizontul prăfos al răsăritului sau apusului, Soarele capătă o patină de galben. Dar la amiază, când difuzia atmosferică este minimă, nu galbenul este culoarea care ne vine în minte. Sursele de lumină care sunt într-adevăr galbene fac lucrurile albe să pară galbene. Aşadar, dacă Soarele ar fi fost galben, atunci zăpada ar fi părut galbenă, indiferent de culorile obiectelor din preajmă.

Pentru un astrofizician obiectele „reci" au temperaturi de suprafață între 1 000 şi 4 000 de grade Kelvin şi sunt descrise de obicei ca fiind roşii. Şi totuşi, filamentul uni bec incandescent de putere mare depăşeşte rareori 3 000 de grade Kelvin (tungstenul se topeşte la 3 680 de grade) şi pare foarte alb. Sub aproximativ 1 000 de grade obiectele devin mult mai puțin luminoase în partea vizibilă a spectrului. Sferele cosmice care au astfel de temperaturi sunt stele moarte. Le spunem stele „pitice maro" chiar dacă nu sunt maro şi abia dacă emit lumină vizibilă.

Că tot suntem la capitolul ăsta, găurile negre nu sunt chiar negre. De fapt, ele se evaporă foarte încet, emițând mici cantități de lumină de la marginile orizontului de evenimente printr-un proces care a fost descris pentru prima oară de fizicianul Stephen Hawking. În funcție de masa ei, gaura neagră poate emite orice formă de lumină. Găurile negre mai mici se sting – cu atât mai repede cu cât se evaporă – într-o străfulgerare de energie bogată în raze gamma şi lumină vizibilă.

Imaginile ştiințifice moderne prezentate la televiziune, în reviste şi în cărți folosesc adesea o paletă de culori falsă. Prezentatorii meteo de la televiziune au mers cel mai departe, prezentând, de exemplu, ploile torențiale cu o

culoare şi ploile uşoare cu altă culoare. Atunci când creează imagini ale obiectelor cosmice, de obicei astrofizicienii atribuie scării de strălucire a unei imagini o secvenţă arbitrară de culori. Părţile mai strălucitoare pot fi roşii, iar cele mai palide – albastre. Prin urmare, culorile pe care le vedeţi nu au nicio legătură cu cele reale. La fel ca în meteorologie, unele imagini de acest fel au secvenţe de culori care sunt corelate cu alte atribute, cum ar fi compoziţia chimică a obiectului sau temperatura lui. Nu e ceva neobişnuit să vedem imaginea unei galaxii spiralate în culori codate pentru urmărirea mişcării de rotaţie: părţile care se apropie au nuanţe de albastru, iar cele care se îndepărtează au nuanţe de roşu. În acest caz, culorile atribuite evocă schimbările Doppler care indică mişcarea, aşa cum sunt recunoscute tradiţional – în albastru şi roşu.

Pe harta celebrei radiaţii de fond a cosmosului există zone mai fierbinţi decât media. Bineînţeles, altele sunt mai reci decât media. Există şi diferenţe de a suta mia parte dintr-un grad. Cum punem în evidenţă acest fapt? Facem zonele fierbinţi albastre, iar pe cele reci roşii, sau invers. În ambele cazuri, o fluctuaţie foarte mică de temperatură apare foarte clar în imagine.

Uneori publicul vede o imagine color a unui obiect cosmic luată cu un aparat care foloseşte lumină invizibilă, de exemplu unde radio sau infraroşii. În majoritatea acestor cazuri atribuim trei culori – de obicei roşu, verde şi albastru (RGB) – pentru trei regiuni diferite din banda respectivă. În felul acesta putem construi o imagine color, ca şi cum ne-am fi născut cu capacitatea de a vedea culori în benzile invizibile ale spectrului.

Morala este aceea că paleta de culori folosite în mod obişnuit poate avea pentru un om de ştiinţă însemnătăţi foarte diferite de ale altor persoane. Atunci când vor să se exprime fără ambiguităţi, astrofizicienii au instrumente şi

metode de a cuantifica exact culorile emise sau reflectate de obiect, evitând gusturile celor care prelucrează imaginea sau foarte încâlcita afacere a percepției fiziologice a culorilor. Dar aceste metode nu sunt cele mai prietenoase când vine vorba de publicul larg. Presupun calculul unui raport logaritmic al fluxului emis de un obiect măsurat prin mai multe filtre într-un sistem bine definit corectat în funcție de profilul de sensibilitate al detectorului. (V-am spus că nu sunt prietenoase pentru public!) De exemplu, atunci când raportul scade, tehnic obiectul devine albastru, indiferent de culoarea percepută.

Capriciile percepției fiziologice a culorilor l-au taxat pe bogatul astronom american Percival Lowell, un observator fanatic al planetei Marte. La sfârşitul secolului al XIX-lea şi începutul secolului XX, el a făcut schițe foarte detaliate ale suprafeței lui Marte. Pentru a face astfel de observații ai nevoie de un aer care în mod constant are umiditate foarte scăzută, reducând astfel afectarea luminii reflectate de planetă şi percepute de ochi. În aerul uscat din Arizona, pe înălțimile de la Mars Hill, Lowell a fondat în 1894 Observatorul care îi poartă numele. Suprafața bogată în fier a lui Marte pare roşie, indiferent de nivelul de mărire, dar Lowell a înregistrat şi multe urme de verde la intersecția a ceea ce s-a descris şi ilustrat sub forma unor canale – văi presupus artificiale, despre care s-a crezut că sunt făcute de marțieni pentru distribuirea apei de la calotele polare spre oraşele, cătunele şi fermele dinspre ecuator.

Să trecem peste înclinația de a vedea extratereştri a lui Lowell. Să ne concentrăm asupra canalelor şi a petelor verzi, care ar fi trebuit să reprezinte vegetația. Fără să-şi dea seama, Percival a fost victima a două bine-cunoscute iluzii optice. Mai întâi, în aproape toate circumstanțele, creierul încearcă să creeze ordine acolo unde nu există niciuna.

Constelațiile de pe cer sunt cel mai bun exemplu – sunt rezultatul imaginației unor adormiți care au văzut ordine în distribuirea întâmplătoare a stelelor. În acelaşi fel, creierul lui Lowell a interpretat suprafața neregulată a lui Marte şi caracteristicile atmosferice prin nişte tipare la scară largă.

A doua iluzie face ca, atunci când este alături de galben sau roşu, griul să pară verde-albăstrui, efect remarcat de chimistul francez M.E. Chevreul în 1839. Marte are o suprafață de un roşu pal, cu regiuni maro-cenuşii. Verdele albăstrui apare ca efect fiziologic prin care o zonă de o culoare neutră înconjurată de portocaliu-gălbui pare verde-albăstruie.

Un alt efect fiziologic, mai puțin jenant, este produs de tendința creierului de a echilibra mediul luminos în care se află. De exemplu, sub baldachinul junglei, unde toată lumina este filtrată de verde (pentru că a trecut prin frunziş), o foaie de hârtie albă ca laptele ar trebui să pară verde. Dar nu se întâmplă aşa. Creierul o face albă, în ciuda luminii din jur.

Un exemplu şi mai banal: treceți noaptea pe lângă o fereastră când cei din casă se uită la televizor. Dacă ecranul este singura lumină din cameră, pereții vor fi luminați într-un albastru pal. Dar creierul celor cufundați în lumina dată de ecran echilibrează activ culoarea pereților, aşa încât ei nu percep o astfel de nuanță. Această compensare fiziologică i-ar putea împiedica pe rezidenții primei noastre colonii de pe Marte să observe peisajul preponderent roşu din jurul lor. Într-adevăr, deşi erau destul de palide, primele imagini trimise pe Pământ în 1976 de nava Viking au fost îmbogățite cu un roşu aprins, pentru a împlini aşteptările vizuale ale presei.

La jumătatea secolului XX, cerul nopții a fost fotografiat sistematic de lângă San Diego, California. Această bază de

date foarte importantă, cunoscută ca Studiul Ceresc al Observatorului Palomar, a slujit ca fundament al observațiilor detaliate făcute de o întreagă generație. Observatorii cosmici au fotografiat cerul de două ori, folosind expuneri identice pentru două tipuri de filme alb-negru – unul ultrasensibil la lumină albastră, iar celălalt ultrasensibil la lumină roşie. (Compania Kodak avea un întreg departament a cărui sarcină era să slujească cercetările astronomilor, care i-au solicitat la maximum pe cei ce se ocupau de cercetare şi dezvoltare.) Dacă vă captează atenția un obiect ceresc, asigurați-vă că verificați sensibilitatea imaginii la albastru sau la roşu înainte de a spune ceva despre lumina pe care o emite. De exemplu, obiectele foarte roşii sunt strălucitoare în imaginile sensibile la roşu, dar abia vizibile în cele sensibile la albastru. O astfel de informație ar trebui să afecteze programele ulterioare de observare a obiectului.

Chiar dacă are dimensiuni modeste în comparație cu cel mai mare telescop de pe Pământ, Telescopul Spațial Hubble – a cărui oglindă principală are 2,38 metri – a obținut nişte imagini color ale cosmosului de-a dreptul spectaculoase. Cele mai frumoase dintre acestea fac parte din seria Hubble Heritage, care a asigurat deja locul telescopului în minţile şi inimile publicului. Mulți oameni ar fi surprinşi să afle ce fac astrofizicienii pentru a obține imagini color. Mai întâi, folosim o tehnologie digitală care se găseşte şi în camerele video obişnuite, numai că noi o utilizam cu un deceniu înainte de a ajunge la publicul larg, iar detectoarele noastre au o calitate mult mai mare. Apoi, filtrăm lumina în câteva zeci de feluri înainte de a o prelucra cu această tehnologie. Pentru o fotografie color obişnuită obținem trei imagini succesive ale obiectului, prin filtrele de roşu, verde şi albastru. În ciuda numelor, când sunt puse împreună, aceste filtre acoperă întregul spectru vizibil. În

pasul următor, combinăm cele trei imagini într-un program de calculator, în acelaşi fel în care creierul uman combină semnalele conurilor din retină sensibile la roşu, verde şi albastru. Această operaţiune generează o imagine color foarte asemănătoare cu cea pe care aţi vedea-o dacă irisul ochiului ar avea un diametru de 2,38 metri.

Să presupunem, totuşi, că obiectul emite o lumină puternică într-o anumită lungime de undă, date fiind proprietăţile cuantice ale atomilor şi moleculelor sale. Dacă ştim asta dinainte şi folosim filtre adaptate pentru aceste emisii putem restrânge sensibilitatea imaginii doar la acele lungimi de undă, nu mai trebuie să folosim filtrul larg RGB. Rezultatul? În imagine ies în evidenţă trăsături pronunţate, scoţând la iveală structura şi consistenţa care altfel nu sunt remarcate. Un bun exemplu se întâlneşte în curtea noastră cosmică. Mărturisesc că nu am văzut niciodată prin telescop pata roşie a lui Jupiter. Uneori este mai palidă, dar cel mai bun mod de a o observa este printr-un filtru care izolează roşul luminii provenite de la moleculele din norii gazoşi.

În galaxie, oxigenul emite un verde pur care se găseşte lângă regiunile în care se formează stele, printre gazele rarefiate ale mediului interstelar. (Este misteriosul element „nebuliu” descris mai devreme.) Filtrarea acestei lumini face ca amprenta oxigenului să ajungă la detector nepoluată de lumina verde ambientală care ar putea ocupa scena. Verdele viu vizibil în multe imagini luate de Hubble provine direct de la emisiile de oxigen. Dacă reglăm filtrele pentru alte structuri atomice sau moleculare, imaginile color devin eşantioane chimice ale cosmosului. Hubble poate face asta atât de bine, încât celebra lui galerie de imagini cosmice color nu are prea multe în comun cu imaginile RGB clasice ale aceloraşi obiecte, realizate de cei care încearcă să simuleze răspunsul la culoare al ochiului uman.

Se dezbate foarte aprins dacă aceste imagini realizate de Hubble conţin într-adevăr culori „reale”. Un lucru e sigur: nu conţin culori „false”. Sunt chiar culorile emise de obiectele şi fenomenele astrofizice. Puritanii insistă să susţină că facem un deserviciu publicului atunci când nu prezentăm culorile cosmice aşa cum le-ar percepe ochiul uman. Eu rămân totuşi la ideea că, dacă retina dumneavoastră ar putea fi ajustată la lumina de bandă îngustă, aţi vedea exact ce vede şi Hubble. Mai susţin şi că „dacă” al meu din propoziţia anterioară nu este mai deplasat decât cel din propoziţia „Dacă ochii dumneavoastră ar fi fost cât un telescop uriaş”.

Se mai pune totuşi o întrebare: dacă adunăm la un loc lumina vizibilă a tuturor obiectelor din univers care o emit, ce culoare obţinem? Mai simplu formulat: ce culoare are universul? Din fericire, câţiva oameni care nu au avut nimic mai bun de făcut au calculat răspunsul la această întrebare. După ce au raportat – greşit – că universul este un amestec de acvamarin mediu şi turcoaz pal, Karl Glazebrook şi Ivan Baldry, de la Universitatea Johns Hopkins, şi-au corectat calculele şi au stabilit că universul este, de fapt, o lumină de un bej palid, poate un latte cosmic. Revelaţiile cromatice ale lui Glazebrook şi Baldry au ieşit la iveală după studierea luminii vizibile a peste 200 000 de galaxii, care ocupă un volum mare şi reprezentativ în univers.

Astronomul englez din secolul al XIX-lea John Herschel a inventat fotografia color. Spre frecventa derută şi ocazionala încântare a publicului, de atunci şi până acum astrofizicienii s-au jucat întruna cu acest proces şi o să continue să facă asta.

18. PLASMA COSMICĂ

În doar câteva cazuri vocabularul unui medic se suprapune cu cel al astrofizicianului. Craniul uman are două „orbite” care formează cavitățile în care se găsesc ochii. Plexul „solar” se găseşte în mijlocul pieptului. Iar ochii au, bineînțeles, „lentile”. Dar corpul uman nu conține quasari sau galaxii. În cazul orbitelor şi al lentilelor limbajul medical se aseamănă foarte mult cu cel al astrofizicii. Totuşi, termenul „plasmă”, deşi comun ambelor discipline, are în fiecare dintre ele un sens total diferit. O transfuzie de plasmă sangvină vă poate salva viața, dar întâlnirea cu un strop de plasmă astrofizică de un milion de grade v-ar transforma într-un norişor de fum.

Plasmele astrofizice sunt remarcabile pentru ubicuitatea lor, dar îşi fac loc foarte rar în textele de popularizare din presa generală. În astfel de scrieri, plasmele sunt numite adesea „a patra stare a materiei”, datorită matricei de proprietăți care le deosebesc de solide, lichide şi gaze. O plasmă are atomi şi molecule care se mişcă liber, la fel ca gazul, dar poate conduce electricitate şi se poate ataşa de câmpul magnetic care o străbate. Cei mai mulți atomi dintr-o plasmă au pierdut electroni, într-un fel sau altul. Iar combinația de temperatură înaltă şi densitate scăzută face ca aceşti electroni să se recombine foarte rar cu atomii-gazdă. În ansamblu, plasma rămâne neutră din punct de vedere electric, fiindcă numărul total de electroni (cu sarcină negativă) este egal cu numărul total de protoni (cu sarcină pozitivă). Dar în interior plasma clocoteşte de curenți electrici şi câmpuri magnetice, astfel încât, în multe privințe, nu seamănă deloc cu gazul ideal despre care am învățat în laboratorul de chimie al liceului.

Efectele exercitate de câmpurile electrice şi magnetice asupra materiei le minimalizează aproape întotdeauna pe cele ale gravitației. Forța electrică de atracție dintre electron

şi proton este cu patruzeci de puteri ale lui 10 mai puternică decât atracţia gravitaţională. Forţele electromagnetice sunt atât de puternice, încât un magnet minuscul poate ridica o agrafă de pe masă, în ciuda formidabilei forţe de atracţie a Pământului. Mai vreţi exemple interesante? Dacă reuşiţi să scoateţi toţi electronii dintr-un milimetru cub de atomi din botul unei navete spaţiale şi îi ataşaţi de solul bazei de lansare, forţa lor de atracţie poate împiedica lansarea. Motoarele vor porni, dar racheta n-o să se mişte. Iar dacă astronauţii de pe Apollo ar fi adus cu ei pe Pământ toţi electronii dintr-un degetar de praf lunar (lăsând pe Lună atomii din care proveneau), forţa de atracţie a acestora ar fi depăşit atracţia gravitaţională dintre Pământ şi Lună.

Cele mai vizibile plasme de pe Pământ sunt focul, fulgerul, urmele stelelor căzătoare şi, bineînţeles, şocul electric pe care îl obţineţi atunci când vă plimbaţi pe covorul din sufragerie în şosete de lână şi apoi atingeţi clanţa. Descărcările electrice sunt coloane zigzagate de electroni care se mişcă brusc în aer atunci când se adună prea mulţi în acelaşi loc. În timpul furtunilor, Pământul este lovit de trăsnet de mii de ori în fiecare oră. Coloana de aer groasă de un centimetru pe care o străbate fulgerul se transformă în plasmă într-o fracţiune de secundă şi devine incandescentă, deoarece electronii care curg prin ea îi ridică temperatura până la milioane de grade.

Fiecare stea căzătoare este o particulă minusculă de moloz interplanetar care se mişcă atât de repede încât arde în aer, coborând pe Pământ ca praf cosmic inofensiv. Cam tot acelaşi lucru se petrece şi cu navele spaţiale care reintră în atmosferă. Ocupanţii lor nu vor să aterizeze la viteza orbitală de aproape 29 000 de kilometri pe oră (cam 8 kilometri pe secundă), aşa că energia cinetică trebuie să ajungă undeva. La intrarea în atmosferă se transformă în căldură în frontul de atac al navei şi este împrăştiată de

scuturile de căldură. Astfel, spre deosebire de stelele căzătoare, astronauții nu ajung pe Pământ sub formă de praf. Preț de câteva minute în timpul coborârii temperatura din jurul navei este atât de intensă, încât fiecare moleculă din jurul capsulei devine ionizată, înfăşurând astronauții într-o barieră temporară de plasmă prin care semnalul pentru comunicare nu poate trece. Este celebra pană de transmisiuni în timpul căreia nava străluceşte, iar oamenii din centrul de comandă nu ştiu nimic de soarta astronauților. Pe măsură ce nava încetineşte tot mai mult în atmosfera Pământului, temperatura scade, aerul devine mai dens şi starea de plasmă nu se mai poate susține. Electronii se întorc la atomii lor şi comunicațiile sunt reluate.

Deşi sunt relativ rare pe Pământ, plasmele alcătuiesc 99,99% din materia vizibilă a cosmosului. În această numărătoare intră toate stelele şi toți norii gazoşi care strălucesc. Aproape toate fotografiile minunate făcute de Telescopul Spațial Hubble cu nebuloasele din galaxia noastră ne înfățişează nori gazoşi colorați, sub formă de plasmă. În cazul unora, forma şi densitatea sunt puternic influențate de prezența câmpurilor magnetice emise de surse apropiate. Plasma poate captura un câmp magnetic, torsionându-l şi modelându-l după bunul plac. Acest mariaj între plasmă şi câmpul magnetic este o trăsătură importantă a ciclului de unsprezece ani al activității solare intense. Gazul din zona ecuatorului solar se roteşte ceva mai repede decât cel din zonele polare. Această diferență afectează tenul Soarelui. Capturat de plasmă, câmpul magnetic este întins şi răsucit. Petele, vâlvătăile, protuberanțele şi alte cusururi ale suprafeței solare apar şi dispar pe măsură ce deformatul câmp magnetic îşi croieşte drum către exterior, purtând cu el şi plasma solară.

Date fiind toate aceste contorsionări, Soarele aruncă în spațiu până la un milion de tone de particule cu sarcină electrică în fiecare secundă, inclusiv electroni, protoni şi nuclee de heliu. Acest flux de particule – care uneori este o rafală, alteori un zefir – este mai cunoscut sub denumirea de „vânt solar”. Această plasmă, cea mai cunoscută dintre toate, este responsabilă de faptul că fiecare coadă de cometă se întinde în direcția opusă Soarelui, indiferent care este direcția în care se deplasează cometa. Atunci când intră în coliziune cu moleculele din atmosfera Pământului din jurul polilor magnetici, se formează aurorele (australă şi borealã). Este un fenomen care apare nu doar pe Pământ, ci pe toate planetele care au atmosferă şi un câmp magnetic puternic. În funcție de temperatura plasmei şi de amestecul de specii atomice şi moleculare din conținut, unii electroni liberi se recombină cu atomi incompleți şi coboară în miriada de niveluri energetice din interiorul acestora. Pe parcurs, electronii emit lumină cu anumite lungimi de undă. Aurorele îşi datorează culorile splendide acestor electroni veseli, care se găsesc şi în tuburile de neon, luminile fluorescente şi sferele de plasmă strălucitoare puse la vânzare alături de lămpile ambientale cu lichid translucid în magazinele de cadouri cu mai puțin bun-gust.

În zilele noastre, sateliții de observație ne conferă o capacitate fără precedent de a monitoriza Soarele, raportând activitatea vântului solar la fel cum o fac meteorologii. Primul interviu pe care l-am oferit vreodată unei televiziuni a fost urmarea raportării unei plăcinte de plasmă pe care Soarele a aruncat-o în direcția Pământului. Toată lumea (sau cel puțin reporterii) îşi făcea griji pentru ce avea să se întâmple cu civilizația noastră după aterizarea acestei plăcinte. Le-am spus telespectatorilor să nu-şi facă griji, pentru că suntem protejați de câmpul nostru magnetic, şi i-am invitat să călătorească spre nord şi să se bucure de

magnificele spectacole ale aurorei pe care avea să le provoace vântul solar.

Coroana rarefiată a Soarelui, pe care o putem vedea în timpul eclipselor totale ca pe un halou care înconjoară luna, este formată din plasma de cinci milioane de grade care alcătuieşte exteriorul atmosferei solare. Având temperaturi atât de ridicate, această coroană este principala sursă de raze X provenite de la Soare, dar nu este vizibilă pentru ochiul uman. Dacă folosim doar lumină vizibilă, strălucirea de la suprafaţa Soarelui acoperă această coroană.

Există un întreg strat al atmosferei Pământului în care vântul solar a aruncat electronii din atomii de origine, creând o pătură de plasmă pe care o numim „ionosferă". Acest strat reflectă anumite frecvenţe ale undelor radio, inclusiv pe cele medii, din scala aparatului dumneavoastră de radio. Semnalele radio de unde medii pot ajunge la sute de kilometri, în vreme ce „undele scurte" ale radioului se pot întinde până la mii de kilometri dincolo de orizont. Semnalele de unde scurte şi cele ale transmisiei de televiziune au frecvenţe mult mai mari şi pot călători în spaţiu cu viteza luminii. Toate civilizaţiile extraterestre care vor să ne spioneze pot afla totul despre programele noastre TV (probabil numai lucruri rele) şi despre muzica transmisă pe unde scurte la radio (probabil ceva bun), dar nu pot afla nimic despre emisiunile radio politice transmise pe unde medii (un lucru foarte bun, probabil).

Cele mai multe plasme nu sunt prietenoase cu materia organică. Personajul cu cea mai riscantă slujbă din serialul *Star Trek* este cel care investighează petele strălucitoare de plasmă de pe planetele necunoscute pe care le vizitează. (Parcă îmi amintesc că persoana respectivă poartă întotdeauna o cămaşă roşie.) De fiecare dată când se întâlneşte cu o pată de plasmă, orice membru al echipajului

este vaporizat. Dat fiind că acțiunea se petrece peste cinci sute de ani, s-ar zice că aceşti călători prin spațiu au avut suficientă vreme pentru a trata plasma cu respect (sau pentru a nu purta roşu). Noi, în secolul XXI, aşa facem, deşi nu am fost nicăieri.

În centrul reactoarelor noastre cu termofuziune nucleară, acolo unde plasma este urmărită de la o distanță sigură, încercăm să punem la un loc nuclee de hidrogen accelerându-le la viteze foarte mari şi transformându-le astfel în nuclee mai grele, de heliu. Făcând asta, eliberăm energia necesară pentru societate. Problema este că nu am reuşit să obținem mai multă energie decât folosim în acest proces. Pentru a atinge vitezele de coliziune, picăturile de atomi de hidrogen trebuie să fie încălzite la zeci de milioane de grade. Nu putem spera ca electronii să se ataşeze astfel singuri unul de celălalt. La astfel de temperaturi, sunt scoşi din atomii de hidrogen şi rătăcesc liber. Cum am putea atinge un strop de plasmă de hidrogen încinsă la câteva milioane de grade? În ce container am putea s-o punem? Nici măcar caserolele care rezistă la microunde n-ar face față. Avem nevoie de un recipient care nu se topeşte, vaporizează sau descompune. Aşa cum am mai menționat pe scurt în Partea a doua, putem folosi relația dintre plasmă şi câmpurile magnetice în avantajul nostru, proiectând un fel de „recipient” ai cărei pereți sunt formați de câmpuri magnetice puternice, prin care plasma nu poate să treacă. Rentabilitatea unui reactor nuclear este dată în parte de proiectarea acestui recipient magnetic şi de felul în care înțelegem modalitatea de interacțiune dintre plasmă şi obiectul respectiv.

Printre cele mai exotice forme de materie obținute vreodată se află de curând izolata plasmă de quarcuri-gluoni, creată de fizicienii de la Laboratoarele Brookhaven,

un accelerator de particule din Long Island, New York. În loc să fie plină de atomi din care s-au eliberat electronii, plasma de quarcuri-gluoni conține un amestec de ingrediente de bază ale materiei, quarcuri – care au sarcină fracționară – şi gluoni, care în mod normal îi țin pe aceştia la un loc, alcătuind protoni şi neutroni. Această formă neobişnuită de plasmă seamănă foarte mult cu starea întregului univers la o fracțiune de secundă după Big Bang. În acel moment, universul observabil încă ar mai fi încăput în sfera cu diametru de 26 de metri de la Centrul Rose. Într-o formă sau alta, fiecare centimetru cub din univers s-a găsit în stare de plasmă pentru primii aproximativ 400 000 de ani.

Până atunci, universul s-a răcit de la câteva bilioane de grade până la câteva mii. În tot acest timp, lumina a fost împrăştiată în toate direcțiile de electronii liberi ai universului nostru plin de plasmă – o stare care seamănă foarte mult cu cea care apare atunci când lumina întâlneşte sticla mată sau interiorul Soarelui. Lumina nu poate răzbate prin niciunul dintre aceste medii fără să se disperseze, transformându-le în translucide, nu transparente. Sub câteva mii de grade, universul era destul de răcit pentru ca fiecare electron din cosmos să se combine cu un nucleu atomic, creând atomi compleți de hidrogen şi heliu.

Starea generală de plasmă a dispărut în momentul în care fiecare electron şi-a găsit o casă. Şi situația avea să rămână aceeaşi sute de milioane de ani, cel puțin până la naşterea quasarilor, care au în centru o gaură neagră hrănită cu vârtejurile de gaze. Chiar înainte de a dispărea în gaură, gazele eliberează o lumină ultravioletă ionizatoare care călătoreşte prin univers, făcând electronii să-şi abandoneze atomii. Până la apariția quasarilor universul s-a bucurat de singura perioadă (dintre toate cele care au existat vreodată, înainte sau după) în care plasma nu se putea găsi nicăieri. O numim „Epoca întunecată” şi o

considerăm perioada în care gravitația asambla în tăcere şi întuneric materia pentru a forma sferele de plasmă care au dat naştere primei generații de stele.

19. FOC ŞI GHEAȚĂ

Când Cole Porter a compus piesa „Too Darn Hot” pentru muzicalul lui din 1948 de pe Broadway *Kiss Me Kate*, temperatura de care se plângea nu era mai mare de 35 de grade Celsius. Nu e nimic rău dacă îl considerăm pe Porter o autoritate care ne indică limita maximă de temperatură la care se poate face dragoste confortabil. Comparând asta cu efectul unui duş rece asupra impulsurilor erotice ale majorității oamenilor obținem o estimare foarte bună a îngustimii zonei de confort pe scara temperaturilor pentru corpul uman dezbrăcat: mai puțin de douăzeci de grade Celsius, cu temperatura de confort absolut undeva la mijloc.

În univers lucrurile stau cu totul altfel. Cum vi se pare o temperatură de 100 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 de grade? Adică o sută de mii de miliarde de miliarde de miliarde. Aceasta a fost temperatura universului pentru o fracțiune de secundă după Big Bang. A fost un moment în care toată energia şi materia, şi spațiul care aveau să se transforme în planete şi petunii, şi fizicieni ai particulelor erau doar o minge arzătoare din plasmă de quarcuri-gluoni în plină expansiune. Nu a existat nimic din ceea ce am putea numi „lucru” înainte ca universul să se răcească de câteva miliarde de ori.

Aşa cum decretează legile termodinamicii, în aproximativ o secundă după Big Bang mingea de foc în expansiune s-a răcit cu zece miliarde de grade şi s-a umflat de la dimensiuni mai reduse decât ale unui atom până la un colos cosmic de aproximativ o mie de ori mai mare decât sistemul nostru solar. După alte trei minute, universul era deja înviorat la un miliard de grade şi se pusese pe treabă, producând simple nuclee de atomi. Expansiunea este slujnica răcirii, şi de atunci cele două au continuat neabătute.

Astăzi, temperatura medie a universului este de 2,73 grade Kelvin. Toate temperaturile menționate până acum,

mai puțin cea care are de-a face cu libidoul uman, au fost exprimate în grade Kelvin. Gradul Kelvin reprezintă un interval de temperatură egal cu cel al gradului Celsius, dar scara absolută nu are valori negative. Zero este zero şi gata! De fapt, pentru a înăbuşi orice confuzie, zero de pe scara Kelvin este numit „zero absolut”.

Inginerul şi fizicianul scoțian William Thomson, cunoscut mai târziu şi mai bine ca Lordul Kelvin, a fost primul care a articulat ideea celei mai scăzute temperaturi posibile, în 1848. Experimentele de laborator nu ajunseseră încă acolo. De fapt, nici nu vor ajunge vreodată, chiar dacă au fost pe-aproape. Temperatura de 0,0000000005 grade Kelvin (adică 500 de picokelvini, cum ar spune experții în sisteme metrice) a fost obținută în 2003 în laborator de Wolfgang Ketterle, un fizician de la MIT.

În afara laboratorului, fenomenele cosmice au temperaturi care se întind pe un interval uimitor. Printre cele mai fierbinți locuri din universul de astăzi se numără miezul unei stele supergigante albastre în orele în care face implozie. Chiar înainte de a exploda ca supernovă, încălzind spectaculos spațiul din vecinătate, ajunge la 100 de miliarde de grade Kelvin. Comparați această temperatură cu cea a miezului Soarelui: 15 milioane de grade Kelvin.

Suprafețele sunt mult mai reci. Învelişul unei stele supergigante albastre are aproximativ 25 000 de grade Kelvin – suficient de mult pentru a avea o strălucirea albastră. Soarele nostru are doar 6 000 – suficient de mult pentru o strălucire albă şi pentru a topi şi vaporiza tot ce găsim în tabloul periodic al elementelor. Suprafața lui Venus are 740 de grade Kelvin, suficient pentru a prăji toată aparatura electronică folosită în mod normal pentru ghidarea sondelor spațiale.

Mult mai jos pe scara de valori este punctul de îngheț al apei, 273,15 grade Kelvin, care pare însă foarte cald în

comparație cu suprafața lui Neptun, adică 60 de grade Kelvin, care se află la aproape cinci miliarde de kilometri de Soare. Şi mai rece este Triton, una dintre lunile lui Neptun. Suprafața ei de azot înghețat are 40 de grade Kelvin, ceea ce face ca acest satelit să fie cel mai rece din sistemul nostru solar de dincoace de Pluto.

Unde îşi găsesc locul ființele umane? Temperatura medie a corpului omenesc (în mod tradițional 37 de grade Celsius) se află puțin peste 310 pe scara Kelvin. Temperaturile înregistrate oficial pe suprafața Pământului variază de la maximul de vară, 331 de grade Kelvin (57,7 grade Celsius, la Al Aziziyah, Libia, 1922), până la minimul de iarnă, 184 de grade Kelvin (– 89,4 grade Celsius, Baza Vostok, Antarctica, 1983). Dar la aceste extreme oamenii nu pot supraviețui fără protecție. Suferim de hipertermie în Sahara dacă nu avem un adăpost care să ne protejeze de căldură şi de hipotermie în Arctica dacă nu avem geamantane de haine şi camioane de mâncare. În acelaşi timp, microorganismele extremofile care sălăşluiesc pe Pământ – atât cele termofile (iubitoare de căldură), cât şi cele psihrofile (iubitoare de frig) – se adaptează unor temperaturi care ne pot prăji sau congela. În stratul de permafrost din Siberia, cu vârsta de trei milioane de ani, s-au descoperit ciuperci vii. O specie de bacterie din permafrostul Alaskăi s-a trezit la viață după 32 000 de ani şi a început să înoate de îndată ce mediul din jurul ei s-a topit. Astăzi, diferite specii de elemente primitive şi bacterii îşi duc viața în noroi clocotitor, izvoare fierbinți şi vulcani submarini.

Chiar şi organisme complexe pot supraviețui în circumstanțe la fel de uimitoare. Atunci când sunt provocate, minusculele nevertebrate cărora le spunem „tardigrade” îşi pot suspenda metabolismul. În această stare pot supraviețui unor temperaturi de 424 de grade Kelvin

(150 de grade Celsius) preț de câteva minute şi 73 de grade Kelvin (– 200 de grade Celsius) zile întregi, ceea ce înseamnă că sunt suficient de rezistente pentru a supraviețui pe Neptun. Aşa că data viitoare când avem nevoie de călători în spațiu „adecvați" am putea apela la ciuperci şi tardigrade, lăsând în pace astronauții, cosmonauții şi taikonauții[3].

Se întâmplă des să confundăm temperatura cu căldura. Căldura este energia totală a tuturor mişcărilor din toate moleculele unei substanțe oarecare. Într-un amestec, gama de energii este foarte largă: unele molecule se mişcă mai repede, altele mai încet. Temperatura măsoară pur şi simplu media acestei energii. De exemplu, o ceaşcă de cafea proaspăt preparată poate avea o temperatură mai mare decât o piscină încălzită, dar toată apa din piscină are mult mai multă căldură decât ceaşca de cafea. Dacă sunteți necivilizat şi turnați ceaşca de cafea – care are 93 de grade Celsius – într-o piscină cu apă încălzită la 37 de grade temperatura din piscină nu va ajunge la 65 de grade. Şi chiar dacă două persoane într-un pat reprezintă o sursă de căldură mult mai mare decât o singură persoană, în mod normal temperaturile lor, 37 cu 37, nu se cumulează, sub plapumă nu se creează un cuptor de 74 de grade.

Oamenii de ştiință din secolele al XVII-lea şi al XVIII-lea considerau că există o legătură strânsă între căldură şi combustie. Combustia, aşa cum o înțelegeau ei, avea loc atunci când flogisticul – o substanță ipotetică pământeană dotată cu proprietatea combustibilității – era îndepărtat din obiect. Dacă puneam un buştean pe foc, escadrile de flogistic îşi luau zborul şi buşteanul deflogisticizat rămânea în urmă sub formă de cenuşă.

La sfârşitul secolului al XVIII-lea, chimistul francez Antoine-Laurent Lavoisier a înlocuit teoria flogisticului cu teoria calorică. Lavoisier a clasificat căldura – pe care a

numit-o „calorică” – ca element chimic, susținând că este un fluid invizibil, insipid, inodor şi imponderabil care trece prin obiecte atunci când sunt arse sau frecate. Conceptul de căldură a fost înțeles abia în secolul următor, odată cu avântul Revoluției Industriale, când a căpătat formă conceptul mai larg de energie în proaspăta branşă a fizicii numită „termodinamică”.

Deşi căldura ca idee ştiințifică pune multe probleme minților sclipitoare, oamenii de ştiință şi cei obişnuiți au înțeles conceptul de temperatură de milenii întregi. Lucrurile fierbinți au temperatură ridicată. Lucrurile reci au temperatură scăzută. Termometrele confirmă această conexiune.

Chiar dacă Galileo este considerat adesea inventatorul termometrului, s-ar părea că primele dispozitive de acest fel au fost construite în primul secol d.Hr. de către inventatorul Heron din Alexandria. Cartea lui, *Peri automatoponytikon,* conține o descriere a „termoscopului”, un dispozitiv care arată modificarea de volum a unui gaz atunci când este răcit sau încălzit. Ca multe alte texte antice, cartea lui a fost tradusă în latină în perioada Renaşterii. Galileo a citit-o în 1594 şi, aşa cum a făcut mai apoi şi cu proaspăt inventatul telescop, a construit imediat un termoscop. Câțiva dintre contemporanii lui au făcut la fel.

Pentru un termometru, scala are o importanță crucială. Există o tradiție curioasă, începând cu prima parte a secolului al XVIII-lea, de a calibra unitățile de temperatură astfel încât fenomenele obişnuite să primească valori numerice cu mulți divizori. Isaac Newton a propus o scară de la 0 (temperatura de topire a gheții) la 12 (temperatura corpului uman). Bineînțeles, 12 este divizibil cu 2, 3, 4 şi 6. Astronomul danez Ole Rømer a propus o scară de la 0 la 60 (60 fiind divizibil cu 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20 şi 30). Pe

scara lui Rømer 0 era cea mai mică temperatură, putând fi obținută cu un amestec de sare, gheață şi apă. 60 era punctul de fierbere al apei.

În 1724, constructorul german de instrumente Daniel Gabriel Fahrenheit (cel care a realizat în 1714 termometrul cu mercur) a propus o scară mai precisă, împărțind fiecare dintre gradele lui Rømer în patru părți egale. Pe noua scară, apa fierbea la 240 de grade şi îngheța la 30, iar temperatura corpului uman era de aproximativ 90. După câteva ajustări, distanța de la 0 la temperatura corpului a ajuns 96, alt număr câştigător la loteria diviziunii (2, 3, 4, 6, 8, 12, 16, 24, 32 şi 48). Punctul de îngheț al apei a devenit 32. Reglajele şi standardizările făcute ulterior de suporterii scării Fahrenheit au făcut ca temperatura corpului uman să nu mai aibă o valoare rotunjită, iar punctul de fierbere al apei să ajungă la 212.

Urmând o cale diferită, în 1742 astronomul suedez Anders Celsius a propus pentru temperatură o scară centigradă cu zecimale. A stabilit punctul de îngheț al apei la 100 şi pe cel de fierbere la 0. Nu a fost primul şi nici ultimul caz în care un astronom a etichetat o scară invers. Cineva, probabil tipul care i-a fabricat lui Celsius termometrele, a făcut un serviciu lumii şi a inversat numărătoarea, oferindu-ne scara Celsius aşa cum o cunoaştem astăzi. Numărul zero pare să aibă un efect paralizant asupra capacității raționale a unor oameni. Într-o noapte, acum vreo douăzeci de ani, eram în facultate şi îmi petreceam vacanța de iarnă în casa părinților mei, la nord de New York. Am dat drumul la radio ca să ascult muzică clasică. O masă de aer rece canadian înainta spre nord-est, iar crainicul anunța încontinuu – între mişcările lucrării „Muzica apelor”, a lui Georg Friedrich Händel – temperatura de afară. „Cinci grade Fahrenheit.” „Patru grade Fahrenheit.” „Trei grade Fahrenheit.” În cele din urmă, foarte tulburat, a

anunțat: „Dacă o ține tot așa, curând n-o să mai avem temperatură!”

Parțial și pentru a fi scutită de astfel de exemple de inabilitate de a opera cu numere, comunitatea internațională a oamenilor de știință folosește scara de temperatură Kelvin, care îl pune pe zero la locul lui: în cel mai de jos punct. Orice altă așezare a lui zero este arbitrară și nu este demnă de comentarii aritmetice detaliate.

Câțiva dintre predecesorii lui Kelvin au stabilit, măsurând volumul unui gaz în timpul răcirii, că – 273,15 de grade Celsius (– 459,67 de grade Fahrenheit) este temperatura la care moleculele oricărei substanțe au cel mai scăzut nivel de energie. Alte experimente au arătat că la aceeași temperatură un gaz menținut sub presiune constantă are volumul zero. De vreme ce nu există un gaz cu volumul zero, – 273,15 grade Celsius a devenit limita de jos a scării Kelvin. Și ce nume mai bun putea avea decât „zero absolut”?

Universul în întregul lui acționează aproximativ ca un gaz. Dacă forțăm un gaz să se extindă, se răcește. Pe vremea când universul avea doar o jumătate de milion de ani, temperatura cosmică era de aproximativ 3 000 de grade Kelvin. Astăzi are mai puțin de 3 grade Kelvin. Universul din zilele noastre, aflat într-o expansiune implacabilă spre dispariția termică, este de o mie de ori mai mare și de o mie de ori mai rece decât universul primordial.

În mod normal, pe Pământ măsurăm temperatura îndesând un termometru într-un orificiu al creaturii sau punându-l în contact cu obiectul într-un mod mai puțin supărător. Această formă de contact direct permite particulelor în mișcare din termometru să ajungă la aceeași medie de energie cu moleculele din obiect. Când un

termometru stă nemişcat în aer temperatura pe care o indică este dată de moleculele de aer care se lovesc de el.

Apropo de aer, într-un loc şi un moment date, pe Pământ temperatura aerului la soare este aceeaşi ca aceea de sub cel mai apropiat copac. Umbra nu face decât să protejeze de energia radiantă a Soarelui, care trece prin atmosferă fără să fie absorbită şi ajunge pe pielea dumneavoastră, făcându-vă să vă simțiți mai înfierbântat decât aerul din jur. Dar într-un spațiu gol, unde nu este aer, nu există nici molecule în mişcare care să permită determinarea temperaturii. Prin urmare, întrebarea „Care este temperatura spațiului?" nu are sens. Dacă nu este atins de nimic, termometrul nu poate înregistra decât energia radiantă care ajunge la el din toate sursele de lumină.

Pe Lună, unde nu există atmosferă, în timpul zilei un termometru ar indica 400 de grade Kelvin (126 de grade Celsius). Dacă vă adăpostiți la umbra unui bolovan sau încercați să înregistrați temperatura noaptea, termometrul o să arate imediat 40 de grade Kelvin (– 234 de grade Celsius). Pentru a supraviețui zilei lunare fără costum spațial cu temperatură controlată ar trebui să faceți multe piruete, pentru a încălzi alternativ toate părțile corpului prin expunerea la razele solare şi a vă păstra astfel o temperatură confortabilă.

Când este foarte frig şi vreți să absorbiți maximul de energie radiantă, purtați ceva închis la culoare, nu reflexiv. Acelaşi lucru este valabil şi pentru termometru. În loc să discutăm cum ar trebui să ne îmbrăcăm în spațiu, să presupunem că putem construi un termometru cu absorbție perfectă. Dacă îl plasăm în mijlocul pustietății, de exemplu la jumătatea distanței dintre galaxiile Calea Lactee şi Andromeda, departe de toate sursele evidente de radiații, va

indica 2,73 grade Kelvin, temperatura actuală de fond a universului.

Un consens de dată recentă în rândul cosmologilor spune că universul se va extinde întotdeauna. Atunci când cosmosul o să-şi dubleze dimensiunea, temperatura va scădea la jumătate. După o nouă dublare a dimensiunii, temperatura se va înjumătăți din nou. După trecerea a bilioane de ani, tot gazul va fi fost folosit pentru fabricarea stelelor şi toate stelele îşi vor fi epuizat combustibilul lor termonuclear. Între timp, temperatura universului în expansiune va continua să scadă, apropiindu-se tot mai mult de zero absolut.

SECȚIUNEA IV

SENSUL VIEȚII

PROVOCĂRILE ŞI REUŞITELE PUSE DE DESCOPERIREA MODULUI ÎN CARE AM AJUNS AICI

20. ÎNAPOI ÎN PRAF

O privire oarecare aruncată Căii Lactee dă la iveală o bandă noroasă de lumină şi de pete întunecate care se întinde de la un orizont la altul. Cu un binoclu sau un telescop obişnuit, părţile întunecate şi plictisitoare ale galaxiei ies la iveală, bineînţeles, ca părţi întunecoase şi plictisitoare, însă părţile strălucitoare devin nenumărate stele şi nebuloase.

Într-o cărticică intitulată *Sidereus Nuncius* („Mesagerul înstelat"), publicată la Veneţia în 1610, Galileo povesteşte cum se văd cerurile prin telescop. Aici găsim şi prima descriere făcută vreodată fâşiei de lumină a Căii Lactee. Referindu-se la instrumentul lui încă nebotezat ca la o „lunetă", era atât de încântat încât, cu greu se putea controla:

> *Calea Lactee în sine poate fi observată cu ajutorul lunetei atât de bine, încât toate disputele care vreme de generaţii întregi i-au vexat pe filosofi pot fi rezolvate cu certitudine, fără argumente complicate. Căci galaxia nu este decât un şarpe format din nenumărate stele împărţite în pâlcuri. În orice parte ai îndrepta luneta, se oferă privirii un imens număr de stele, dintre care multe apar mari şi evidente, dar marea majoritate sunt mici, iar numărul lor este inimaginabil.* (Van Helden 1989, p. 62)

Bineînţeles, acţiunea are loc acolo unde există „un imens număr de stele". De ce ar fi cineva interesat de petele întunecate, din care stelele lipsesc? Probabil că sunt găuri cosmice către infinit şi către golul de dincolo de el.

Aveau să treacă trei secole până la momentul la care cineva să-şi dea seama că petele întunecate sunt nori denşi de gaze şi praf care acoperă orizonturile stelare mai îndepărtate şi găzduiesc în adâncuri pepiniere stelare. După primele presupuneri lansate de astronomul american George Cary Comstock, care se întreba de ce stelele foarte

îndepărtate sunt mult mai palide decât ar trebui să fie conform distanței la care se află, abia în 1909 astronomul olandez Jacobus Cornelius Kapteyn (1851-1922) avea să descopere vinovatul. În două lucrări de cercetare – ambele intitulate „Despre absorbția luminii în spațiu”, Kapteyn prezintă dovezi pentru faptul că norii, care constituiau proaspăt descoperitul „mediu interstelar”, nu doar că împrăştie lumina stelară, dar fac asta în mod inegal cu curcubeul de culori din spectrul unei stele, atenuând lumina albastră mai mult decât pe cea roşie. Această absorbție selectivă face ca, în general, stelele mai îndepărtate din Calea Lactee să pară mai roşii decât cele mai apropiate.

Hidrogenul şi heliul obişnuite, principalele ingrediente ale norilor gazoşi cosmici, nu înroşesc lumina. Dar moleculele mai mari o fac, mai ales dacă au în componență carbon şi siliciu. Iar atunci când devin prea mari pentru a fi numite „molecule”, le spunem „praf”.

Majoritatea oamenilor cunosc praful după varietatea care se găseşte în casele lor. Puțin ştiu că într-un spațiu închis praful este dat în cea mai mare parte de celule moarte desprinse din pielea umană (sau animală, dacă există animale de casă). Ultima oară când am verificat, praful cosmic din mediul interstelar nu conținea fragmente din epiderma nimănui. Dar conține un ansamblu remarcabil de molecule complexe care emit în principal în partea de infraroşii şi microunde a spectrului. Telescoapele cu microunde nu au făcut parte din instrumentarul astronomic decât prin anii 1960, iar cele cu infraroşii au intrat în uz abia prin anii 1970. Aşa se face că adevărata bogăție chimică a materiei dintre stele a rămas necunoscută până atunci. În deceniile care au urmat a ieşit la iveală un tablou complex şi fascinant al naşterii stelelor.

Nu toți norii gazoşi din Calea Lactee pot forma întotdeauna stele. De cele mai multe ori, norul nu ştie prea bine ce să facă în momentul următor. De fapt, confuzia este a astrofizicienilor. Ştim că norii vor să intre în colaps gravitațional sub propria greutate, pentru a forma una sau mai multe stele. Dar mişcările de rotație şi turbulențele din nor se opun. La fel face şi presiunea obişnuită a gazului, despre care ați învățat la lecțiile de chimie din liceu. Câmpurile magnetice galactice se opun şi ele imploziei: penetrează norul şi agață toate particulele care rătăcesc prin el şi au sarcină electrică, limitând astfel modalitățile în care norul poate răspunde la propria gravitație. Partea înspăimântătoare este că, dacă nu am fi ştiut dinainte că există stele, cercetarea avansată ne-ar fi putut oferi o mulțime de motive convingătoare pentru care stelele nu se pot forma niciodată.

Precum cele câteva sute de miliarde de stele ale Căii Lactee, norii gazoşi gravitează în jurul centrului galaxiei. Stelele sunt pete mărunte (aflate la câteva secunde-lumină una de alta) într-un vast ocean de spațiu permeabil, şi trec una pe lângă alta în noapte ca nişte nave. Pe de altă parte, norii gazoşi sunt uriaşi. De obicei se întind pe sute de ani-lumină şi conțin o masă de un milion de ori cât cea a Soarelui. Mişcându-se încet prin galaxie, adesea norii intră în coliziune unul cu altul, încurcându-şi măruntaiele. În funcție de vitezele relative şi de unghiul de impact, uneori se lipesc ca nişte bezele; alteori, ca să facă totul şi mai complicat, se sfâşie reciproc.

Dacă un nor se răceşte până la o temperatură potrivită (mai puțin de 100 de grade peste zero absolut), atomii din el se ciocnesc şi, în loc să sară în toate părțile, aşa cum se întâmplă la temperaturi mari, se lipesc unul de altul. Această tranziție chimică are consecințe pentru toată lumea. Particulele care cresc – ajungând până la zeci de atomi –

încep să împrăştie lumina vizibilă în toate părţile, atenuând astfel lumina emisă de stelele aflate dincolo de ei. Când aceste particule devin praf în toată regula, conţin până la 10 miliarde de atomi. La această dimensiune, nu mai împrăştie lumina vizibilă emisă de stelele de dincolo de ei, ci o absorb, apoi re-radiază energia sub formă de unde infraroşii, care fac parte din spectrul care iese din nor. Dar absorbirea luminii vizibile creează o presiune care împinge norul în direcţia opusă sursei de lumină. În felul acesta norul este cuplat cu lumina stelară.

Forţele care fac ca un nor să devină din ce în ce mai dens pot duce până la urmă la colapsul gravitaţional, care, la rândul lui, duce la naşterea unei stele. Asistăm astfel la o situaţie ciudată: pentru crearea unei stele cu un miez care are 10 milioane de grade, adică este suficient de fierbinte pentru fuziunea termonucleară, trebuie să atingem mai întâi cea mai rece stare posibilă a norului.

În acest moment din viaţa unui nor, astrofizicienii nu mai pot explica ce se întâmplă decât prin gesturi. Înainte de a se putea gândi măcar la urmărirea comportamentului dinamic al norilor masivi sub toate influenţele externe şi interne, teoreticienii şi cei care fac simulările computerizate se lovesc de problema cu foarte mulţi parametri a introducerii în calculator a tuturor legilor cunoscute ale fizicii. O problemă şi mai mare este dată de neînsemnatul fapt că norul original este de miliarde de ori mai voluminos şi de o sută de catralioane de ori mai puţin dens decât steaua pe care încercăm s-o creăm. Iar ce se petrece la anumite dimensiuni nu mai are nicio relevanţă atunci când acestea se modifică.

Totuşi, putem afirma cu certitudine un lucru: în cele mai adânci, mai întunecate şi mai dense regiuni ale norilor interstelari, unde temperaturile sunt de 10 grade peste zero

absolut, pungile de gaz fac implozie fără să întâmpine vreo rezistență, convertind astfel energia gravitațională în căldură. Temperatura din fiecare regiune – care în curând va deveni miezul noii stele – creşte rapid, făcând bucăți toate particulele de praf din imediata apropiere. În cele din urmă, gazul care intră în colaps ajunge la 10 milioane de grade. La această temperatură magică, protonii (care nu sunt altceva decât atomi de hidrogen gol-goluți) se mişcă suficient de repede pentru a-şi înfrânge repulsia, formând legături sub influența forței nucleare cunoscute sub numele „forță nucleară puternică". Această fuziune termonucleară creează heliu, a cărui masă este mai mică decât suma părților. Masa pierdută se converteşte în calupuri de energie, aşa cum ne spune celebra ecuație a lui Einstein $E = mc^2$, unde E este energia, m masa, iar c viteza luminii. Pe măsură ce căldura porneşte spre exterior, gazul devine luminos, iar energia care mai devreme era masă se împrăştie. Chiar dacă regiunea de gaz fierbinte rămâne în nor, putem anunța Calea Lactee că i s-a mai născut o stea.

Ştim că stelele au o mare varietate de mase: de la o zecime din cea a Soarelui până la de o sută de ori masa lui. Din motive pe care încă nu le-am ghicit, uriaşul nostru nor de gaze conține mai multe pungi reci, formate toate cam în acelaşi timp. Fiecare dă naştere unei stele. Pentru fiecare stea născută cu masă mare există câteva mii de stele cu masă redusă. Dar la naşterea unei stele participă doar aproximativ un procent din gazul norului original, iar aici apare clasica problemă: trebuie să ne dăm seama cum şi de ce ajunge câinele să se învârtă în jurul propriei cozi.

Limita inferioară a masei posibile este uşor de determinat. Sub aproximativ o zecime din masa Soarelui, punga de gaz care face implozie nu are suficientă energie gravitațională pentru a-şi forma un miez cu o temperatură

de 10 milioane de grade. Nu se naşte nicio stea. Apare în schimb ceea ce numim „pitică maro”. Neavând o sursă proprie de energie, aceasta devine cu timpul tot mai palidă, trăind de pe urma puținei călduri pe care a fost în stare s-o genereze prin implozia inițială. Straturile gazoase exterioare ale unei pitice maro sunt atât de reci încât multe dintre moleculele mari, care în mod normal sunt distruse în atmosfera unei stele fierbinți, trăiesc bine-mersi. Dat fiind că are o luminozitate atât de slabă, o pitică maro este foarte greu de detectat. Pentru asta avem nevoie de metode similare cu cele folosite pentru detectarea planetelor. Abia în ultimii ani au fost descoperite suficiente astfel de stele pentru a se putea face o clasificare cu mai multe categorii. Limita inferioară a masei posibile este şi ea uşor de determinat. Dacă are o masă mai mare decât aproximativ o sută de mase solare, steaua este atât de luminoasă încât orice masă care ar vrea să i se adauge este respinsă de presiunea luminii degajate în particulele de praf din nor, îndepărtându-le în acest fel şi pe acestea. În acest moment cuplajul dintre lumina stelară şi praf este ireversibil. Efectele unei astfel de radiații sunt atât de puternice, încât luminozitatea câtorva stele cu masă mare poate dispersa aproape toată masa norului original din care s-au născut, împrăştiind materia care le ascundea vederii şi dând la iveală în fața întregii galaxii zeci, dacă nu chiar sute de stele nou-nouțe, aparent surori.

Marea nebuloasă Orion – situată chiar sub brâul lui Orion, pe la jumătatea sabiei – este o pepinieră stelară de acest tip. În nebuloasă se nasc mii de stele într-un roi uriaş. Patru dintre cele mai mari formează trapezul lui Orion şi în acest moment sunt ocupate cu evacuarea golului uriaş din mijlocul norului care le-a dat naştere. Imaginile din zonă ale Telescopului Hubble ne arată stele noi, foarte vizibile, fiecare înfăşurată într-un disc protoplanetar compus din praf şi alte

molecule ale norului original. Cu fiecare astfel de disc se formează un nou sistem solar.

Multă vreme, stelele nou-născute nu deranjează pe nimeni. Dar, în cele din urmă, perturbările gravitaționale prelungite şi constante ale norilor enormi care trec pe lângă ele le împrăştie în bazinul general de stele al galaxiei. Stelele cu masă mică trăiesc practic o veşnicie, atât este de eficient consumul lor de combustibil. Cele cu masă intermediară, cum este şi Soarele nostru, se transformă mai devreme sau mai târziu în gigante roşii, mărindu-şi dimensiunile de sute de ori în marşul lor către moarte. Straturile gazoase exterioare devin atât de slab legate de stea, încât pornesc în derivă prin spațiu, împrăştiind combustibilul nuclear consumat care le-a alimentat vreme de 10 miliarde de ani. Gazul care se întoarce în spațiu este măturat de norii aflați în trecere, participând apoi la formarea altor stele.

În ciuda rarității lor, stelele cu masă foarte mare se bucură de aproape toate avantajele oferite de evoluție. Se pot lăuda cu cea mai mare luminozitate (de o mie de ori cât cea a Soarelui) şi, în consecință, cu cea mai scurtă durată de viață (doar câteva milioane de ani). Şi, aşa cum o să vedem imediat, stelele cu masă mare produc zeci de elemente grele, unul după altul, începând cu hidrogenul şi continuând cu heliul, carbonul, azotul, oxigenul şi aşa mai departe, până la fierul din miez. Au o moarte spectaculoasă, în explozii de tip supernovă, producând astfel şi mai multe elemente şi depăşind pentru scurtă vreme ca luminozitate întreaga galaxie de baştină. Energia rezultată din explozie întinde elementele proaspăt formate în toată galaxia, creând găuri în structura gazoasă şi îmbogățind norii din apropiere cu materie primă pentru praf de producție proprie. Undele unei explozii-supernovă se deplasează prin nori cu viteză supersonică, comprimând gazul şi praful şi creând probabil

pungile de foarte mare densitate necesare pentru formarea altor stele.

Aşa cum o să vedem în capitolul următor, marele dar al supernovei pentru cosmos este însămânțarea norilor cu elementele grele care formează planete, protozoare, oameni, aşa încât din bogata moştenire chimică a unei vechi generații de stele cu masă mare să se poată naşte o nouă stea.

21. FĂURIT ÎN STELE

Nu toate descoperirile ştiinţifice sunt făcute de cercetători singuratici şi antisociali. Şi nu toate sunt urmate de titluri pe prima pagină şi de bestselleruri. Unele implică efortul mai multor oameni de-a lungul câtorva decenii, matematici complicate şi teorii care nu pot fi redate prea uşor în presă. Acestea din urmă trec aproape neobservate de public.

Votul meu pentru descoperirea cel mai puţin apreciată a secolului XX îl primeşte înţelegerea faptului că o supernovă – moartea în chinuri explozive a unei stele cu masă mare – este o sursă primară a amestecului de elemente grele din univers. Această descoperire deloc vestită a luat forma unei lucrări de cercetare publicate în 1957 în *Reviews of Modern Physics*, intitulată „Sinteza elementelor din stele", scrisă de E. Margaret Burbidge, Geoffrey R. Burbidge, William Fowler şi Fred Hoyle. În lucrarea respectivă, autorii au construit un cadru teoretic şi computaţional care dădea o nouă interpretare celor patruzeci de ani de reflecţie investiţi de alţi fizicieni în descoperirea surselor de energie solară şi a modalităţii de transmutaţie a elementelor.

Chimia nucleară cosmică este o afacere încâlcită. Era în 1957 şi este şi astăzi. Presupune întotdeauna câteva întrebări relevante: cum se comportă anumite elemente din faimosul tablou periodic atunci când sunt supuse diferitor temperaturi şi presiuni? Fuzionează sau se fisionează? Cât de simplu se realizează aşa ceva? Procesul eliberează sau absoarbe energie?

Bineînţeles, tabloul periodic este mai mult decât o hartă misterioasă cu mai bine de o sută de căsuţe în care sunt înscrise simboluri criptice. Este o secvenţă a tuturor elementelor cunoscute din univers, aranjate crescător după numărul de protoni ai nucleului. Cele mai uşoare sunt hidrogenul, cu un proton, şi heliul, cu doi protoni. În

condițiile potrivite de temperatură, densitate şi presiune, putem folosi hidrogen şi heliu pentru a sintetiza orice alt element din tabelul periodic.

O problemă eternă în chimia nucleară o constituie calcularea cu acuratețe a ariilor de coliziune, care presupune pur şi simplu măsurarea apropierii necesare față de o altă particulă înainte de apariția unei interacțiuni semnificative. Ariile de coliziune sunt uşor de calculat pentru lucruri ca betonierele sau casele mutate cu un trailer, dar pot fi o provocare când vine vorba de particule subatomice. O înțelegere detaliată a acestor arii de coliziune permite prezicerea ratei de reacții nucleare şi a traiectoriilor rezultate. De multe ori, mici incertitudini din tabelele cu ariile de coliziune pot duce la concluzii cu totul deplasate. Situația se aseamănă foarte mult cu ce s-ar întâmpla dacă ați încerca să mergeți cu metroul într-un oraş ghidându-vă după harta metroului din alt oraş.

În afară de astfel de posibilități, oamenii de ştiință suspectau de o vreme că, dacă există undeva în univers astfel de procese nucleare exotice, atunci miezul unei stele este locul în care trebuie căutate. În mod special, astrofizicianul britanic Arthur Eddington a publicat în 1920 o lucrare intitulată „Alcătuirea internă a stelelor", în care susținea că Laboratorul Cavendish, din Anglia, cel mai celebru centru ce cercetare în fizică nucleară la acea dată, s-ar putea să nu fie singurul loc din univers în care unele elemente pot fi transformate în altele:

> *Dar putem accepta că o astfel de transmutație poate avea loc? E greu să afirmăm asta, însă poate şi mai greu este să negăm că aşa ceva este cu putință... şi că ceea ce este posibil în Laboratorul Cavendish s-ar putea să nu fie prea greu de realizat în Soare. Cred că putem vorbi despre o suspiciune generală că stelele sunt creuzete în*

care atomii mai uşori, atât de răspândiţi în nebuloase, sunt amalgamaţi în elemente mai complexe. (p. 18)

Lucrarea lui Eddington precedă cu câţiva ani descoperirea mecanicii cuantice, fără de care cunoştinţele noastre de fizică atomică ar fi fost, în cel mai bun caz, subţiri. Cu o capacitate de previziune remarcabilă, Eddington a făcut prima schiţă a unui scenariu pentru energia furnizată de stele prin fuziunea termonucleară a hidrogenului în heliu şi alte elemente:

> *Trebuie să ne legăm de formarea heliului din hidrogen ca de singura reacţie care furnizează energie [unei stele], cu toate că s-ar părea că stadiile ulterioare de trecere în alte elemente implică eliberarea unei energii mai mici, ba chiar şi absorbţie în unele cazuri. Această perspectivă poate fi sintetizată astfel: atomii tuturor elementelor sunt construiţi din atomi de hidrogen puşi la un loc şi se poate presupune că la un moment dat au fost formaţi din hidrogen. S-ar părea că este foarte posibil ca miezul unei stele să fie locul în care să fi apărut astfel de evoluţii.* (p. 18)

Varietatea de elemente descoperite pe Pământ şi în alte locuri din univers era un alt lucru pe care voiam să-l putem explica cu ajutorul unui model al transmutaţiei elementelor. Dar mai întâi aveam nevoie de un mecanism. În 1931 a apărut fizica cuantică (chiar dacă încă nu fusese descoperit neutronul) şi astrofizicianul Robert d'Escourt Atkinson a publicat o lucrare în al cărei rezumat se spune că este „o teorie a sintezei energiei solare şi a originii elementelor... în care diferite elemente chimice sunt construite pas cu pas din cele uşoare în interiorul stelelor, prin încorporarea, unul câte unul, a protonilor şi electronilor" (p. 250).

Cam în aceeaşi perioadă, chimistul nuclear William D. Harkins a publicat o lucrare în care observa că „elementele

cu masă atomică scăzută sunt mai abundente decât cele cu masă atomică ridicată şi, în medie, elementele cu număr atomic par sunt de 10 ori mai abundente decât cele cu număr atomic impar" (Lang şi Gingerich 1979, p. 374). Harkins a intuit că abundenţa relativă a elementelor depinde de procese chimice mai degrabă nucleare decât convenționale şi că elementele grele trebuie să fi fost sintetizate din cele uşoare.

Mecanismul detaliat al fuziunii nucleare din stele poate da explicația prezenței cosmice a multor elemente, în special a acelora care pot fi obținute de fiecare dată când adăugăm nucleul de heliul cu doi protoni la un element forjat anterior. Acestea sunt elementele abundente „cu număr atomic par" la care face trimitere Harkins. Dar existența unui amestec relativ de multe alte elemente rămânea neexplicată. Trebuia să mai existe şi un alt mijloc de construcție.

Neutronul, descoperit în 1932 de fizicianul britanic James Chadwick, care lucra în Laboratorul Cavendish, joacă un rol semnificativ în fuziunea nucleară pe care Eddington nu şi-o putuse imagina. Pentru asamblarea protonilor este nevoie de multă muncă, pentru că, în mod natural, aceştia se resping. Trebuie să fie aduşi suficient de aproape unul de altul (adesea prin creşterea temperaturii, presiunii şi densității) pentru ca forțele nucleare „puternice" să înfrângă repulsia lor reciprocă şi să-i ataşeze. Totuşi, fiind lipsit de sarcină, neutronul nu respinge nicio altă particulă, aşa poate defila spre un nucleu, alăturându-se unor particule deja asamblate. Acest pas nu reprezintă încă crearea unui nou element. Prin adăugarea unui neutron am ajuns doar la un „izotop" al originalului. Dar la anumite elemente, proaspăt capturatul neutron este instabil şi se converteşte spontan într-un proton (care rămâne în nucleu) şi un electron (care evadează imediat). La fel ca soldații greci

care au reuşit să treacă de zidurile Troiei ascunzându-se în Calul Troian, protonii se pot furişa într-un nucleu deghizaţi ca neutroni.

Dacă fluxul ambient de neutroni este intens, nucleul unui atom poate absorbi foarte mulţi înainte ca primul să se descompună. Aceşti neutroni absorbiţi rapid ajută la crearea unui ansamblu de elemente identificate cu procesul respectiv şi foarte diferite de cele rezultate din absorbţia lentă de neutroni.

Întregul proces este numit „captură de neutroni" şi este răspunzător pentru generarea multor elemente care nu sunt create prin fuziune termonucleară. Restul elementelor din natură se pot construi în alte câteva moduri, inclusiv prin coliziunea luminii de înaltă energie (raze gamma) cu nuclee ale unor atomi grei, care astfel se descompun în atomi mai mici.

Cu riscul de a simplifica prea mult ciclul de viaţă al stelelor cu masă mare, putem spune că este suficient să recunoaştem că o stea se ocupă cu producerea şi eliberarea de energie, care o ajută în lupta cu gravitaţia. Fără energie, marea bilă de gaz ar face pur şi simplu implozie sub propria greutate. După ce şi-a convertit rezervele de hidrogen în heliu, miezul unei stele fuzionează heliul în carbon, carbonul în oxigen, oxigenul în neon şi tot aşa, până la fier. Pentru fuziunile succesive din această secvenţă, prin care apar elemente tot mai grele, este nevoie de temperaturi tot mai mari, pentru ca nucleele să-şi depăşească repulsia reciprocă naturală. Din fericire, asta se întâmplă în mod firesc, pentru că la sfârşitul fiecărui stadiu intermediar sursa de energie a stelei se închide temporar, regiunile interne intră în colaps, temperatura creşte şi începe următoarea fuziune. Dar există o problemă. Fuziunea fierului absoarbe, nu eliberează energie. E rău pentru stea,

fiindcă nu se mai poate lupta cu gravitația. Intră imediat în colaps gravitațional, fără să mai opună vreo rezistență, ceea ce forțează temperatura să crească atât de rapid, încât rezultă o explozie titanică, iar steaua își scuipă măruntaiele în fărâme. În timpul acestei explozii, luminozitatea stelei poate crește de un miliard de ori. Le numim „supernove", deși întotdeauna mi s-a părut că e mai potrivit termenul „extrasupernove".

Într-o explozie a unei supernove disponibilul de neutroni, protoni și energie permite crearea elementelor în mai multe feluri. Combinând (1) principiile bine testate ale mecanicii cuantice, (2) fizica exploziei, (3) cele mai recente calcule ale ariilor de coliziune, (4) procesele variate prin care elementele se pot transmuta din unul în altul și (5) principiile de bază ale teoriei evoluției stelare Burbridge, Burbridge, Fowler și Hoyle au indicat în sfârșit exploziile supernovelor ca sursă primară pentru existența în univers a elementelor mai grele decât hidrogenul și heliul.

Cu supernova ca făptașă, au ajuns automat la rezolvarea altei probleme: când forjezi în interiorul unei stele elemente mai grele decât hidrogenul și heliul, pentru restul universului acestea nu sunt de niciun folos dacă nu sunt aruncate în spațiul interstelar și puse la dispoziție pentru formarea planetelor și a oamenilor. Da, suntem praf de stele.

Nu vreau să spun că am rezolvat toate problemele chimice din cosmos. Un mister contemporan foarte intrigant este elementul technețiu, care, în 1937, a fost primul element sintetizat în laborator. (Numele, ca și al altor cuvinte cu prefixul „teh", este derivat din termenul grecesc *technetos*, care se traduce prin „artificial".) Acest element încă nu a fost descoperit pe Pământ, dar a fost găsit în atmosfera câtorva gigante roșii din galaxia noastră. Nu ar fi fost un motiv de îngrijorare dacă nu am fi descoperit că technețiul are o perioadă de înjumătățire de numai două

milioane de ani, ceea ce înseamnă cu mult mai puțin decât vârsta şi speranța de viață ale stelelor în care a fost găsit. Cu alte cuvinte, steaua nu se putea naşte cu acest element, fiindcă, dacă s-ar fi întâmplat asta, n-ar mai fi rămas nimic din elementul respectiv. De asemenea, nu există niciun mecanism cunoscut pentru crearea technețiului în miezul unei stele şi pentru scoaterea lui la suprafață acolo unde a fost observat. Această situație a condus la apariția unor teorii exotice, care încă nu întrunesc consensul comunității astrofizicienilor.

Gigantele roşii cu proprietăți chimice particulare sunt rare, dar suficient de întâlnite pentru ca astrofizicienii (şi mai mult cei specializați în spectroscopie) să aibă un cadru care să le permită specializarea în chestiunea cu pricina. De fapt, temele mele de cercetare profesională se suprapun suficient de mult cu acest subiect pentru a mă face să mă abonez la buletinul informativ dedicat particularităților chimice ale gigantelor roşii (care nu se găseşte la chioşcurile de ziare). De obicei conține ştiri despre conferințe şi informări asupra cercetărilor în desfăşurare. Pentru oamenii de ştiință interesați, aceste mistere chimice nu sunt mai puțin seducătoare decât problemele ridicate de găuri negre, quasari şi începuturile universului. Dar nu prea aveți ocazia să citiți despre ele. De ce? Pentru că, din nou, presa este cea care stabileşte ce merită şi ce nu merită anunțat, chiar dacă este vorba despre o ştire atât de neinteresantă ca descoperirea originii cosmice a fiecărui element din corpul uman.

22. EXCURSIE ÎN NORI

Preț de aproape patru sute de milenii după naşterea universului, spațiul a fost un haos fierbinte de nuclee atomice aflate în mişcare rapidă, goale, fără electroni proprii. Cele mai simple reacții chimice erau încă un vis îndepărtat, iar primele acte de viață pe Pământ mai aveau de aşteptat încă 10 miliarde de ani.

90% din nucleele emanate de Big Bang erau de hidrogen, majoritatea celorlalte fiind de heliu, iar o parte neînsemnată – de litiu. Baza din care se compun cele mai simple elemente. Abia când temperatura ambientală a universului în expansiune s-a răcit de la câteva trilioane de grade Kelvin la 3 000, nucleele au început să captureze electroni. Făcând asta, au devenit în mod legal atomi şi au început să se comporte conform a ceea ce ştim drept chimie. Pe măsură ce universul devenea tot mai mare şi mai rece, atomii s-au adunat în structuri şi mai mari: nori de gaze în care primele molecule, hidrogenul molecular (H_2) şi hidrura de litiu (LiH) s-au contopit din primele ingrediente ale universului. Aceşti nori gazoşi au născut primele stele, fiecare cu o masă de aproximativ o sută de ori mai mare decât a Soarelui. Iar în miezul fiecărei stele a început să ardă un furnal termonuclear hotărât să producă elemente chimice mult mai grele decât primele trei, cele mai simple, de altfel.

Când şi-au epuizat rezerva de combustibil, aceste prime stele titanice s-au spulberat în fărâme, împrăştiindu-şi conținutul în tot cosmosul. Alimentate cu energia propriilor explozii, au făcut elemente şi mai grele. În spațiu s-au format nori gazoşi bogați în atomi, capabili de reacții chimice ambițioase.

Să sărim peste timp până la galaxii, principalele organizatoare ale materiei vizibile din univers. În ele existau nori gazoşi în care se găseau resturile plutitoare ale primelor stele care au explodat. În curând, acele galaxii aveau să

găzduiască generație după generație de stele care au explodat şi generație după generație de elemente chimice mai bogate – sursa acelor căsuțe criptice care alcătuiesc tabloul periodic al elementelor.

Absentă de la acest spectacol, viața de pe Pământ – sau din orice altă parte – pur şi simplu nu exista. Chimia vieții, care este şi chimia a tot ceea ce există, are nevoie de elemente care să formeze molecule. Problema este că moleculele nu se formează şi nici nu pot supraviețui în furnalele termonucleare ale exploziilor stelare. Au nevoie de un mediu mai rece şi mai calm. Şi atunci, cum a ajuns universul să fie bogăția moleculară în care trăim astăzi?

Să ne întoarcem puțin la fabrica de elemente din adâncul stelelor cu masă mare din prima generație.

Aşa cum tocmai am văzut, în miezul lor, la temperaturi care depăşesc 10 milioane de grade, nucleele de hidrogen (protoni singulari) se mişcă foarte repede şi intră în coliziune unul cu altul. Evenimentul dă naştere unei serii de reacții nucleare care, până la urmă, produc heliu şi o grămadă de energie. Atâta vreme cât steaua este „pornită”, energia generată de reacțiile nucleare produce suficientă presiune exterioară pentru a împiedica masa enormă să se prăbuşească sub propria greutate. Totuşi, în cele din urmă steaua rămâne fără hidrogen. Se transformă într-o minge de heliu care nu are nimic de făcut. Săracul heliu. Are nevoie de o creştere de zece ori a temperaturii înainte de a fuziona în elemente mai grele.

Neavând o sursă de energie, miezul face implozie şi, astfel, se încălzeşte. La aproape 100 de milioane de grade, particulele se accelerează şi nucleele de heliu fuzionează în sfârşit, ciocnindu-se suficient de repede pentru a se combina în elemente mai grele. Fuziunea eliberează suficientă energie pentru a preveni continuarea imploziei,

cel puțin pentru o vreme. Nucleele de heliu fuzionate rămân pentru o vreme în stadiul de produse intermediare (beriliu, de exemplu), dar în cele din urmă trei nuclee de heliu devin un singur nucleu – de carbon. (Mult mai târziu, când carbonul devine un atom complet, cu toți electronii la locul lor, se instaurează pe tronul celui mai fructuos chimic atom din tabelul periodic.)

Între timp, în interiorul stelei fuziunea își vede liniștită de treabă. În final, zonele fierbinți rămân fără heliu, lăsând în urmă o minge de carbon înconjurată de o carapace de heliu, care este înconjurată de restul stelei. Miezul face din nou implozie. Când temperatura ajunge la aproximativ 600 de milioane de grade, carbonul începe și el să se ciocnească de vecinii lui, fuzionând în elemente mai grele, pe căi nucleare mai complicate, și în tot acest timp eliberează suficientă energie pentru a preveni continuarea imploziei. Fabrica este deja în plin avânt și produce azot, oxigen, sodiu, magneziu, siliciu.

Pornim în josul tabelului periodic, până dăm de fier, unde treaba se oprește la elementul final apărut din fuziunea produsă în miezul stelelor de primă generație. Pentru fuzionarea fierului sau a unui element mai greu reacția nu mai emite energie, ci absoarbe. Dar stelele se ocupă cu producția de energie, așa că au o zi proastă atunci când nu mai au nimic altceva de făcut decât să se holbeze la bila de fier din miez. Fără o sursă de energie care să balanseze forța implacabilă a propriei gravitații, miezul stelei intră imediat în colaps. În câteva secunde implozia și creșterea rapidă de temperatură care îi urmează declanșează o explozie monstruoasă: supernova. În acest moment, există suficientă energie pentru producerea unor elemente mai grele decât fierul. După explozie, un nor imens, plin cu toate elementele moștenite și produse de stea, se împrăștie în vecinătate. Să vedem care sunt cele mai

întâlnite ingrediente: atomi de hidrogen, heliu, oxigen, carbon, azot. Vă sună familiar? Cu excepția heliului, care este chimic inert, aceste elemente sunt ingredientele vieții așa cum o cunoaștem noi. Dată fiind varietatea uluitoare de molecule care pot fi formate de acești atomi, atât între ei cât și cu alții, se prea poate ca tot ei să fie ingredientele vieții așa cum *nu* o cunoaștem.

În acest moment universul este gata, pregătit și capabil să formeze primele molecule din spațiu și să construiască următoarea generație de stele.

Dacă vor să producă molecule rezistente, norii gazoși trebuie să aibă ceva mai mult decât ingredientele necesare. Trebuie totodată să fie reci. În nori mai fierbinți de câteva mii de grade particulele se mișcă prea repede – rezultatul fiind niște coliziuni atomice mult prea energice – pentru a se cupla și a forma molecule. Chiar dacă doi atomi reușesc să se unească și să formeze o moleculă, nu va dura mult până când un al treilea va intra în ei cu suficientă energie pentru a-i despărți. Temperaturile ridicate și coliziunile cu viteză mare, care au fost atât de utile în cazul fuziunii, lucrează de data asta împotriva combinării chimice.

Norii gazoși pot duce o viață lungă și fericită, câtă vreme mișcările turbulente din buzunarele lor interne de gaz îi susțin. Totuși, din când în când, anumite regiuni din nor încetinesc – și se răcesc – suficient pentru a da câștig de cauză gravitației, care produce colapsul norului. Procesul însuși de formare a moleculelor este cel care răcește norul: când doi atomi intră în coliziune și rămân uniți, o parte din energia care i-a adus împreună este capturată de legăturile proaspăt formate sau emisă ca radiație.

Răcirea are un efect remarcabil asupra compoziției norului. Atomii se ciocnesc unii de alții ca niște bărci care se mișcă încet și rămân cuplați, formând molecule în loc să le

distrugă. Carbonul este dispus să se cupleze cu el însuşi, rezultatul fiind acela că moleculele pe bază de carbon pot creşte foarte mult şi pot deveni foarte complexe. O parte pot fi foarte încâlcite fizic, la fel ca praful care se adună în cocoloaşe sub patul dumneavoastră. Când ingredientele favorizează asta, acelaşi lucru se poate întâmpla şi cu moleculele pe bază de siliciu. În ambele cazuri, fiecare grăunte de praf devine o arenă de evenimente presărată cu fisuri şi văi primitoare în care atomii pot petrece împreună şi pot construi molecule. Cu cât e mai scăzută temperatura, cu atât devin aceste molecule mai mari şi mai complicate.

Printre primii şi cei mai obişnuiți compuşi apăruți după ce temperatura scade sub câteva mii de grade se numără câteva molecule diatomice (cu doi atomi) şi triatomice (cu trei atomi) familiare. De exemplu, monoxidul de carbon (CO) se stabilizează cu mult înainte de condensarea carbonului în praf, iar hidrogenul molecular (H_2) devine constituentul primar al norilor gazoşi în răcire, numiți, în mod cât se poate de logic, „nori moleculari”. Printre moleculele triatomice care se formează apoi sunt apa (H_2O), dioxidul de carbon (CO_2), acidul cianhidric (HCN), hidrogenul sulfurat (H_2S) şi dioxidul de sulf (SO_2). Mai există şi molecula triatomică puternic reactivă H_3+, foarte dornică să-şi ofere al treilea proton vecinilor înfometați, provocând alte întâlniri chimice.

Pe măsură ce norul continuă să se răcească, scăzând sub 100 de grade Kelvin, apar molecule tot mai mari, dintre care unele se găsesc şi prin magazia sau bucătăria dumneavoastră: acetilena (C_2H_2), amoniacul (NH_3), formaldehida (H_2CO), metanul (CH_4). În nori şi mai reci putem găsi ingredientele altor preparate importante, cum ar fi antigelul (făcut din etilenglicol), alcoolul (din alcool etilic), parfumul (din benzen) şi zahărul (din glicoaldehidă), dar şi

acidul formic, care are o structură similară cu a aminoacizilor, părţile constituente ale proteinelor.

Inventarul curent de molecule care rătăcesc printre stele se apropie de 130. Cele mai mari şi mai complicate ca structură sunt antracenul ($C_{14}H_{10}$) şi pirenul ($C_{16}H_{10}$), descoperite în 2003 în Nebuloasa Dreptunghiul Roşu, la vreo 2 300 de ani-lumină de Pământ, de Adolf N. Witt şi de colegii lui de la Universitatea din Toledo, Ohio. Formate şi interconectate, inelele stabile de carbon, antracen şi piren aparţin unei familii de molecule pe care chimiştii iubitori de silabe le numesc „hidrocarburi policiclice aromatice". Şi noi, la fel ca moleculele complexe din spaţiu, avem la bază tot carbon.

Existenţa moleculelor în spaţiul liber, pe care acum o considerăm de la sine înţeleasă, era în mare parte necunoscută astrofizicienilor înainte de 1963. Foarte târziu, dat fiind stadiul altor discipline ştiinţifice. Moleculele de ADN fuseseră deja descrise. „Perfecţionaserăm" bomba atomică, pe cea cu hidrogen şi rachetele balistice. Începuse deja programul Apollo, pentru trimiterea oamenilor pe Lună. Fuseseră create în laborator unsprezece elemente mai grele decât uraniul.

Această stagnare astrofizică are drept cauză faptul că o întreagă fereastră a spectrului electromagnetic – microundele – nu fusese încă deschisă. Aşa cum am văzut în Partea a treia, s-a dovedit că lumina absorbită şi emisă de molecule se înscrie de obicei în banda de microunde a spectrului, aşa că abia după apariţia telescoapelor cu microunde, în anii 1960, complexitatea moleculară a universului ni s-a revelat în toată splendoarea ei. În curând, a reieşit că regiunile mohorâte din Calea Lactee sunt adevărate fabrici producătoare de substanţe chimice. Hidroxilul (OH) a fost detectat în 1963, amoniacul în 1968,

apa în 1969, monoxidul de carbon în 1970, alcoolul etilic în 1975 – toate amestecate într-un cocteil gazos din spațiul interstelar. Pe la jumătatea anilor 1970 fuseseră deja descoperite amprentele de microunde pentru aproape patruzeci de molecule.

Moleculele au o structură definită, dar legăturile dintre electroni care țin împreună atomii nu sunt rigide: se mişcă, dansează, se răsucesc, se întind. Şi... ce să vezi? Microundele au gama de energie perfectă pentru stimularea acestor activități. (De asta funcționează cuptorul cu microunde: se creează o baie de microunde cu energia potrivită pentru a face să vibreze moleculele de apă din mâncare. Fricțiunea dintre aceste particule care dansează generează căldură, gătind rapid mâncarea din interior.)

La fel ca atomii, fiecare specie de moleculă din spațiu se identifică după un tipar unic al trăsăturilor spectrului. Acel tipar poate fi comparat foarte uşor cu cele catalogate deja în laboratoarele de pe Pământ. Fără date de laborator – care adesea trebuie susținute de calcule teoretice – nu am şti la ce ne uităm. Cu cât este molecula mai mare, cu atât sunt mai multe legăturile desemnate s-o țină la un loc şi cu atât există mai multe moduri în care aceste legături pot mişca şi dansa. Fiecare mişcare are o lungime de undă – sau o „culoare” – caracteristică. Anumite molecule îmbracă sute sau chiar mii de „culori” din spectrul de microunde – lungimi de undă la care absorb sau emit lumină în momentul în care electronii lor se mişcă. Extragerea amprentei unei molecule din restul amprentelor presupune multă muncă: e ca şi cum ați încerca să detectați tonul vocii puştiului dumneavoastră într-o cameră plină de copii care țipă. Este greu, dar se poate face. Nu trebuie decât să ştiți foarte bine ce fel de sunete scoate copilul dumneavoastră. Acela este modelul dumneavoastră de laborator.

Odată formată, molecula nu duce neapărat o viață liniştită. În zonele în care se nasc sălbaticele stele fierbinți, lumina stelară include cantități serioase de ultraviolete. Acestea sunt dăunătoare moleculelor, fiindcă energia lor înaltă rupe legăturile dintre atomii care le alcătuiesc. Este motivul pentru care ultravioletele vă fac rău şi dumneavoastră: e mai bine să evităm întotdeauna lucrurile care pot descompune moleculele din care suntem alcătuiți. Aşa că nu are importanță dacă giganticul nor de gaz este suficient de rece pentru a permite formarea moleculelor în el. Dacă zona este plină de ultraviolete, moleculele din nor sunt prăjite. Şi, cu cât este mai mare molecula, cu atât îi este mai greu să reziste acestui asalt.

O parte dintre norii interstelari sunt atât de mari şi de denşi, încât straturile exterioare le pot proteja pe cele interioare. Lumina ultravioletă este oprită la margine de moleculele care îşi dau viața pentru a-şi proteja suratele dinăuntru, permițând astfel continuarea petrecerii chimice complexe din nor.

În cele din urmă însă, sărbătoarea moleculară ia sfârşit. De îndată ce miezul unui nor de gaz – sau orice altă pungă de gaz – devine suficient de dens şi de rece, energia medie a particulelor de gaz aflate în mişcare devine prea slabă pentru a împiedica structura să se prăbuşească sub propria greutate. Această micşorare gravitațională este spontană şi ridică din nou temperatura, transformând fostul nor de gaz într-o vâlvătaie, pe măsură ce se instalează fuziunea termonucleară.

Şi se naşte încă o stea.

Inevitabil, ba chiar tragic, ca să spunem aşa, legăturile chimice – inclusiv toate moleculele organice pe care norul s-a străduit să le facă în procesul transformării lui în stea – sunt distruse de căldura uriaşă. Totuşi, regiunile mai difuze

din nor nu au această soartă. Şi apoi mai este şi gazul atât de apropiat de stea încât e afectat de forța gravitațională tot mai mare, dar nu atât de apropiat încât să fie atras în stea. În acest cocon de gaz prăfos se formează discuri groase de material condensat care se înscriu pe o orbită în jurul stelei. Iar în aceste discuri vechile molecule pot supraviețui, iar altele noi pot lua naştere.

Avem în acest moment un sistem solar în formare, care în curând o să conțină planete şi comete bogate în molecule. Odată ce avem material solid, nu mai există nicio limită. Moleculele se pot îngrăşa după bunul plac. Eliberați carbon în astfel de condiții şi o să puteți obține cele mai complicate structuri chimice cu putință. Cât de complicate? Aici e treaba altei discipline: biologia.

23. BUCLE AURII ŞI CELE TREI PLANETE

A fost odată, acum vreo patru miliarde de ani, un sistem solar proaspăt constituit, aproape complet. Venus se închegase suficient de aproape de Soare pentru ca energia intensă a acestuia să vaporizeze ceea ce ar fi putut fi rezerva ei de apă. Marte s-a format suficient de departe pentru ca rezerva lui de apă să înghețe pentru totdeauna. O singură planetă, Pământul, se afla la distanța „tocmai bună" pentru a-şi păstra apa în stare lichidă. Suprafața ei avea să devină casa vieții. Această regiune din jurul Soarelui a ajuns să fie numită „zonă locuibilă".

Bucle Aurii (cea vestită, din basm) iubea şi ea lucrurile „tocmai bune". Unul dintre castroanele cu terci din casa celor trei ursuleți era prea fierbinte. Altul era prea rece. Al treilea era tocmai bun, aşa că l-a mâncat. În căsuța ursuleților un pat era prea tare. Altul prea moale. Al treilea era însă tocmai bun, aşa că Bucle Aurii s-a culcat în el. Când ursuleții s-au întors acasă, au descoperit nu doar că lipsea o porție de terci, ci şi că Bucle Aurii dormea într-unul din paturile lor. (Am uitat cum se termină povestea, dar în locul celor trei ursuleți – omnivori de la capătul lanțului trofic – eu aş fi mâncat-o pe Bucle Aurii.)

Relativa locuibilitate de pe Venus, Pământ şi Marte avea s-o intrige pe Bucle Aurii, dar povestea acestor planete este ceva mai complicată decât cea a celor trei castroane de terci. În urmă cu patru miliarde de ani, comete bogate în apă şi asteroizi bogați în minerale încă mai bombardau suprafețele planetare, deşi o făceau într-un ritm mult mai scăzut decât înainte. În timpul acestei partide de biliard planetar, o parte dintre planete au migrat din locul în care s-au format spre interior, în timp ce altele au fost azvârlite pe orbite mai mari. Iar dintre zecile de planete formate multe aveau orbite instabile, aşa că s-au ciocnit de Soare sau de Jupiter. Altele au fost aruncate din sistemul solar. Până la urmă, cele

câteva rămase, care aveau orbită „tocmai bună”, au supraviețuit miliarde de ani.

Pământul s-a instalat pe o orbită cu distanță medie față de Soare de vreo 150 de milioane de kilometri. La o asemenea distanță se întâlneşte doar cu două miliardimi amărâte din energia totală radiată de Soare. Dacă presupunem că Pământul absoarbe toată energia care vine de la Soare, atunci temperatura medie a planetei este de vreo 280 de grade Kelvin (10 grade Celsius), care se plasează la jumătate între temperaturile de iarnă şi cele de vară. La presiune atmosferică normală, apa îngheață la 273 de grade Kelvin şi fierbe la 373, aşa că suntem suficient de bine poziționați pentru ca aproape toată apa noastră să rămână într-o stare lichidă şi fericită.

Dar să nu ne grăbim. Uneori în ştiință putem obține răspunsul corect din raționamente greşite. De fapt, Pământul absoarbe doar două treimi din energia venită de la Soare. Restul ei este reflectată înapoi în spațiu de suprafața planetei (în special de oceane) şi de nori. Dacă putem reflexivitatea în ecuații, atunci temperatura medie a Pământului scade la vreo 255 de grade Kelvin, adică mult sub punctul de îngheț al apei. Ceva trebuie să se fi întâmplat în timpurile moderne pentru a ridica temperatura medie înapoi la un nivel mai confortabil.

Din nou ne grăbim. Toate teoriile evoluției stelare ne spun că acum patru miliarde de ani, când viața lua naştere în proverbiala supă primordială a Pământului, Soarele era cu o treime mai puțin luminos decât este astăzi, ceea ce ar plasa temperatura medie a Pământului chiar mai jos sub punctul de îngheț.

Poate că în trecutul îndepărtat Pământul era pur şi simplu mai aproape de Soare. Dar, după prima perioadă de bombardamente puternice, nu mai există mecanisme cunoscute care să fi putut să mute o orbită stabilă într-o

parte sau în alta prin sistemul solar. Se poate ca efectul de seră să fi fost mai puternic în trecut. Nu ştim asta cu certitudine. Ştim însă că zonele locuibile, aşa cum au fost ele concepute la origini, au avut o relevanță minoră pentru posibilitatea existenței vieții pe o planetă din interiorul lor.

Faimoasa ecuație a lui Drake, invocată de căutătorii inteligenței extraterestre, furnizează o simplă estimare a numărului de civilizații pe care am putea să le găsim în Calea Lactee. Când ecuația a fost concepută de astronomul american Frank Drake, în anii 1960, conceptul de zonă locuibilă nu se extindea dincolo de ideea că ar putea exista planete la distanță „tocmai bună" de steaua în jurul căreia gravitează. O versiune a ecuației lui Drake este următoarea: se începe cu numărul de stele din galaxie (sute de miliarde). Acest număr mare se înmulțeşte cu fracția care reprezintă numărul de stele care au planete. Rezultatul se înmulțeşte cu fracția planetelor din zona locuibilă. Rezultatul se înmulțeşte cu fracția planetelor pe care a evoluat viața. Rezultatul se înmulțeşte cu fracția planetelor pe care a evoluat viața inteligentă. Rezultatul se înmulțeşte cu fracția planetelor pe care s-a dezvoltat tehnologia necesară pentru a comunica în spațiul interstelar. În sfârşit, după ce se introduc şi ritmul în care se formează stelele şi speranța de viață a unei civilizații tehnologizate, se obține numărul de civilizații avansate care există în spațiu şi s-ar putea să aştepte apelul nostru.

Stelele mici, reci şi cu luminozitate scăzută trăiesc sute de miliarde de ani, poate chiar trilioane de ani, ceea ce ar trebui să reprezinte suficient timp pentru ca pe planetele lor să apară nişte forme de viață, dar zonele locuibile din acele sisteme sunt foarte aproape de steaua gazdă. O planetă care s-ar forma acolo ar fi capturată imediat de forța de atracție şi ar gravita în jurul stelei cu o singură față întoarsă spre aceasta (aşa cum Luna gravitează în jurul Pământului

întotdeauna cu aceeaşi faţă), creând un dezechilibru extrem în atmosfera planetei: toată apa de pe faţa „apropiată” de Soare s-ar evapora, în vreme ce apa de pe faţa „îndepărtată” ar îngheţa. Dacă Bucle Aurii ar fi trăit acolo, ar fi fost nevoită să mănânce terciul învârtindu-se (ca un pui la rotiserie) la graniţa dintre ziua eternă şi noaptea veşnică.

O altă problemă a zonelor locuibile din jurul stelelor cu viaţă îndelungată este faptul că sunt extrem de înguste. E puţin probabil ca o planetă cu orbită aleatorie să se afle la distanţa „tocmai bună”. Dimpotrivă, stelele mari, fierbinţi şi luminoase au pentru planetele lor zone locuibile enorme. Din nefericire, aceste stele sunt rare şi trăiesc doar câteva milioane de ani înainte de a exploda violent, aşa că planetele lor nu sunt candidate prea bune pentru viaţa aşa cum o cunoaştem noi. Bineînţeles, asta dacă nu cumva a existat un curs de evoluţie foarte rapid. Dar e puţin probabil ca din mâlul primordial să apară mai întâi animale care pot face calcule avansate.

Am putea considera că ecuaţia lui Drake este foarte potrivită pentru Bucle Aurii – o metodă de a calcula şansele de a descoperi lucruri tocmai bune. Însă ecuaţia, aşa cum a fost concepută ea original, nu lua în calcul planeta Marte, care se află mult dincolo de zona locuibilă a sistemului nostru solar. Marte are nenumărate albii de râu şi delte secate care demonstrează clar prezenţa apei curgătoare în trecutul planetei.

Dar cum rămâne cu Venus, „sora” Pământului? Se înscrie la fix în zona locuibilă a sistemului solar. Înfăşurată complet într-o boltă de nori, planeta are cea mai mare reflexivitate din sistemul nostru solar. Nu există niciun motiv pentru ca Venus să nu poată fi un loc ospitalier. Atâta doar că suferă de un monstruos efect de seră. Atmosfera groasă de dioxid de carbon a planetei captează aproape toate radiaţiile minore care reuşesc să ajungă la suprafaţa

planetei. Având 750 de grade Kelvin (aproape 500 de grade Celsius), Venus este cea mai fierbinte planetă din sistemul nostru solar, deşi gravitează la o distanță de Soare aproape dublă față de cea la care se află Mercur.

Dacă Pământul a permis evoluția continuă a vieții de-a lungul a miliarde de ani de furtuni şi drame, poate că viața însăşi furnizează un mecanism de răspuns care prezervă apa lichidă. Această idee a fost propusă de biologii James Lovelock şi Lynn Margulis în anii 1970 şi este numită „ipoteza Gaia". Este o idee influentă şi totodată controversată, care presupune că amestecul de specii de pe Pământ funcționează ca un organism colectiv care reglează continuu (şi totuşi fără să-şi dea seama) compoziția atmosferică şi climatul de pe Pământ care sprijină prezența vieții, de unde rezultă şi prezența apei lichide. Este o idee care mă intrigă. A devenit favorita mişcării New Age. Dar pot să fac pariu că există marțieni şi venusieni morți care au propus aceeaşi teorie despre planeta lor în urmă cu miliarde de ani.

Lărgit, conceptul de zonă locuibilă presupune o sursă de energie şi orice varietate de apă în stare lichidă. Una dintre lunile lui Jupiter, gheţoasa Europa, este încălzită de forța de atracție a câmpului gravitațional jupiterian. Ca o minge care se încălzeşte după ce este lovită întruna cu racheta, Europa este şi ea încălzită de influența variabilă indusă de atracția lui Jupiter – mai puternică pe o parte a lunii decât pe cealaltă. Consecința? Observațiile curente şi dovezile teoretice sugerează că sub stratul de gheață de la suprafață, care are o grosime de un kilometru, există un ocean de apă lichidă, probabil zloată. Dată fiind fecunditatea vieții în oceanele Pământului, Europa rămâne cel mai bun candidat din sistemul nostru solar pentru existența vieții extraterestre.

O altă descoperire recentă în legătură cu conceptul de zonă locuibilă este reprezentată de proaspăt clasificatele extremofile, forme de viață care nu doar că există, dar chiar înfloresc în climate cu temperaturi extreme. Dacă printre extremofile s-ar afla şi biologi, cu siguranță s-ar poziționa în clasa vieții normale, considerând că viața care înfloreşte la temperatura camerei este extremofilă. Printre extremofile se numără termofilele – iubitoare de căldură – din lanțurile muntoase submarine unde apa țâşneşte cu presiune de sub crusta Pământului la temperaturi care depăşesc cu mult punctul de fierbere. Condițiile de acolo nu sunt foarte diferite de cele dintr-o oală cu presiune, în care capacul etanş asigură o presiune mare şi încălzeşte apa dincolo de temperatura de fierbere fără ca aceasta să fiarbă la propriu vreun moment.

Pe fundul oceanului, mineralele dizolvate care ies din gurile de apă fierbinte formează rapid hornuri poroase uriaşe, de câteva zeci de metri, care sunt fierbinți în interior şi reci în afară, acolo unde intră în contact cu apa oceanului. În acest evantai de temperaturi trăiesc forme de viață care nu au văzut niciodată lumina zilei, dar nici nu le pasă de ea. Aceşti gândaci rezistenți se hrănesc cu energie geotermală, care este o combinație de resturi de căldură rămase de la formarea Pământului şi căldura care se disipează încontinuu în crusta planetei de la descompunerea radioactivă a izotopilor naturali şi instabili ai unor elemente chimice obişnuite cum ar fi aluminiul-26, care are o durată de viață de milioane de ani, sau potasiul-40, care rezistă miliarde de ani.

Pe fundul oceanului întâlnim ceea ce ar putea fi considerat cel mai stabil ecosistem de pe Pământ. Ce s-ar întâmpla dacă un asteroid uriaş s-ar ciocni de Pământ şi ar provoca dispariția vieții la suprafață? Termofilele oceanice şi-ar vedea liniştite de viață. Ba chiar ar putea să evolueze

pentru a repopula Pământul după fiecare episod de acest gen. Dar ce s-ar întâmpla dacă Soarele ar fi smuls din sistemul nostru solar de nişte forţe misterioase şi Pământul ar lua-o razna, rătăcind prin spaţiu? Cu siguranţă un astfel de eveniment nu s-ar bucura de atenţia presei termofilelor. Dar în cinci miliarde de ani Soarele va deveni o gigantă roşie care se va extinde, umplând sistemul solar. Între timp, oceanele se vor evapora, iar planeta va împărtăşi soarta lor. Asta ar fi cu adevărat o veste proastă.

Dacă termofilele se găsesc pretutindeni pe Pământ, avem de rezolvat o problemă însemnată: ar putea exista viaţă pe acele planete rătăcitoare care au fost aruncate din sistemul solar în timpul formării acestuia? Aceste rezervoare „geo”-termale pot funcţiona miliarde de ani. Dar ce putem spune despre nenumăratele planete proiectate în afară de toate sistemele solare care s-au format? Se poate ca spaţiul interstelar să mustească de viaţă apărută şi cunoscând o evoluţie în adâncul acestor planete fără domiciliu? O zonă locuibilă se poate găsi oriunde, nu doar într-o regiune restrânsă din jurul unei stele, unde poate primi cantitatea de lumină tocmai bună. Aşa că, probabil, căsuţa celor trei ursuleţi nu este cel mai special loc din lumea basmelor. În orice locuinţă, chiar şi a celor trei purceluşi, s-ar putea găsi un castron cu mâncare la temperatură tocmai bună. Am descoperit că fracţia corespondentă din ecuaţia lui Drake care dă seama de existenţa unor planete în zone locuibile s-ar putea să se apropie de sută la sută.

Ce basm dătător de speranţă! Departe de a fi ceva rar şi preţios, viaţa ar putea fi la fel de banală ca planetele în sine.

Iar bacteriile termofile trăiesc fericite până la adânci bătrâneţi – cam cinci miliarde de ani.

24. APĂ, APĂ!

După cum arată unele locuri secate şi cu aspect neprietenos din sistemul nostru solar, s-ar putea crede că, deşi se găseşte din belşug pe Pământ, apa este o marfă rară în alte părţi din galaxie. Dar dintre toate moleculele cu trei atomi, apa este cea mai întâlnită. Iar în clasamentul elementelor care se găsesc în cosmos din abundenţă, componentele apei, hidrogenul şi oxigenul, ocupă locurile unu şi trei. Aşa că, în loc să ne întrebăm de ce există apă în anumite locuri, am putea afla mai multe dacă ne întrebăm de ce nu există şi în altele.

Dacă pornim prin sistemul nostru solar în căutarea unui loc fără apă şi fără aer, nu trebuie să mergem mai departe de Lună. Apa se evaporă rapid la presiunea atmosferică apropiată de zero a satelitului cu ziua de două săptămâni pământene şi temperaturi de aproape 100 de grade Celsius. În timpul nopţii de două săptămâni, temperatura poate scădea până la – 50 de grade Celsius, condiţii în care ar îngheţa practic orice.

Astronauţii de pe Apollo au avut cu ei, în drumul spre şi dinspre Lună, toată apa şi tot aerul (inclusiv cel condiţionat) de care aveau nevoie în călătorie. Dar s-ar putea ca misiunile din viitorul îndepărtat să nu fie nevoite să transporte apă sau cine ştie ce fel de produse din care s-o obţină. Dovezile furnizate de sonda Clementine, care gravitează în jurul Lunii, vin în sprijinul vechii ipoteze că, pe fundul craterelor adânci de lângă polii lunari s-ar putea ascunde lacuri îngheţate. Presupunând că Luna este lovită de un anumit număr de corpuri zburătoare în fiecare an, printre acestea ar trebui să se numere şi comete bogate în apă. Cât de mari? Sistemul nostru solar conţine o mulţime de comete care, topite, ar putea produce o băltoacă de mărimea lacului Erie.

Chiar dacă nu ne putem aştepta ca un lac proaspăt format să supravieţuiască prea mult în cele 100 de grade ale

zilei lunare, orice cometă care se izbeşte de Lună şi-ar arunca o parte dintre moleculele de apă până în fundul craterelor de lângă poli. Aceste molecule s-ar scufunda în solul lunar şi ar rămâne pentru totdeauna acolo, fiindcă în astfel de locuri de pe Lună Soarele „nu răsare niciodată". (Dacă v-aţi imaginat că Luna are întotdeauna o faţă în întuneric aţi fost induşi în eroare de cineva, poate chiar de albumul din 1973 al celor de la Pink Floyd, intitulat *Dark Side of the Moon*.)

Aşa cum locuitorii însetaţi de lumină ai Arcticii şi Antarcticii ştiu, Soarele nu se ridică prea mult pe cer în timpul zilei sau de-a lungul anului. Şi acum imaginaţi-vă cum este pe fundul unui crater a cărui margine este mai înaltă decât cel mai înalt nivel la care ajunge Soarele. Într-o astfel de scobitură de pe Lună, în care nu există aer care să împrăştie lumina, este veşnic întuneric.

Chiar dacă gheaţa se evaporă în timp din frigiderul dumneavoastră întunecat şi rece (ca să vedeţi aşa ceva nu trebuie decât să vă uitaţi în tăviţa de gheaţă după ce v-aţi întors dintr-o vacanţă mai lungă), pe fundul acestor cratere este atât de frig încât în cadrul acestei discuţii nu are sens să vorbim despre evaporarea apei. Fără îndoială, dacă ne vom înfiinţa vreodată un avanpost pe Lună, cel mai bun loc ar fi lângă astfel de cratere. Pe lângă avantajul oferit de gheaţa care poate fi topită, filtrată şi băută, hidrogenul din apă poate fi despărţit de oxigen. Hidrogenul şi o parte din oxigen pot fi folosite ca ingrediente active pentru alimentarea rachetei, iar restul de oxigen este util pentru asigurarea respiraţiei. Iar în timpul liber dintre misiunile spaţiale, se poate patina pe lacul îngheţat format cu apa extrasă.

Ştiind că Luna a fost bombardată de corpuri cereşti, aşa cum ne indică foarte clar craterele ei, ne-am putea

aştepta ca şi Pământul să fi fost lovit. Dat fiind că este mai mare şi are gravitație mai puternică, ne-am putea aştepta chiar să fi fost lovit de mai multe ori. Aşa a şi fost – de la naştere şi până în zilele noastre. La început, Pământul nu a eclozat pur şi simplu din golul interstelar ca picătură sferică gata formată. A crescut prin condensare din norul gazos protosolar din care s-au format şi Soarele, şi celelalte planete. Pământul a continuat să crească acumulând particule solide şi, în cele din urmă, ca rezultat al impactului permanent cu asteroizi bogați în minerale şi comete bogate în apă. Cât de permanent? Se crede că la început ritmul de impact cu comete a fost suficient de mare pentru a furniza întreaga rezervă de apă a oceanului planetar. Rămân, bineînțeles, incertitudini (şi controverse). Comparată cu cea din oceanele Pământului, apa din cometele studiate astăzi este anormal de bogată în deuteriu, o formă de hidrogen care conține în nucleu un neutron în plus. Dacă oceanele au fost furnizate de comete, atunci cometele care au lovit Pământul în copilăria sistemului solar trebuie să fi avut un alt profil chimic.

Şi tocmai când v-ați gândi că sunteți în siguranță în aer liber, un studiu recent asupra nivelului de apă din atmosfera superioară a Pământului sugerează că planeta este izbită regulat de bucăți de gheață cât casa. Aceşti bulgări de zăpadă interplanetari se vaporizează imediat la impactul cu aerul, dar contribuie la rezerva de apă al Pământului. Dacă ritmul descoperit astăzi a fost constant de-a lungul celor 4,6 miliarde de ani de istorie a planetei, aceşti bulgări de zăpadă ar putea fi ceea ce a dus la crearea oceanului planetar. Dacă adăugăm aici şi vaporii de apă despre care ştim că sunt împroşcați în atmosferă de erupțiile vulcanice, nu ducem lipsă de modalități pentru a explica proveniența rezervei de apă a Pământului.

Oceanele noastre formează două treimi din suprafața planetei, dar numai a cinci mia parte din masa totală. Deşi este doar o mică fracțiune din total, oceanul cântăreşte 1,5 trilioane de tone, din care 2% reprezintă întotdeauna gheață. Dacă Pământul o să sufere vreodată de efectul de seră (aşa cum se întâmplă cu Venus), atmosfera va capta excesul de energie solară, temperatura aerului va creşte şi oceanele vor fierbe, evaporându-se rapid. Ar fi foarte rău. Pe lângă consecințele foarte evidente – dispariția florei şi a faunei, o cauză a morții foarte presantă ar fi atmosfera planetei. Îngroşată de vaporii de apă, ar deveni de trei sute de ori mai masivă, strivindu-ne.

Venus se deosebeşte de celelalte planete ale sistemului solar în multe feluri, inclusiv prin atmosfera groasă şi densă de dioxid de carbon, care creează o presiune de o sută de ori mai mare decât cea regăsită în atmosfera Pământului. Şi acolo am fi striviți. Dar votul meu pentru cea mai ciudată trăsătură al planetei Venus îl primeşte prezența craterelor relativ tinere şi distribuite uniform pe suprafața planetei. Această caracteristică aparent inofensivă presupune o catastrofă la nivel planetar care a şters toate urmele impacturilor anterioare. Ar putea fi vorba despre un fenomen eroziv important, de exemplu o inundație planetară. Dar ar putea fi şi activitatea geologică (venusiologică?) la scară largă, care să fi avut drept rezultat scurgeri de lavă şi transformarea întregii suprafețe într-o pistă pentru curse auto – o planetă asfaltată. Oricare ar fi motivul pentru acoperirea vechilor impacturi, trebuie să fi dispărut brusc. Dar rămân nişte întrebări. Dacă a fost o inundație planetară pe Venus, unde este acum toată apa respectivă? S-a scufundat sub suprafață? S-a evaporat? Sau a fost vorba de un potop cu o substanță care nu era apă?

Fascinația noastră planetară (şi totodată ignoranța) nu se limitează la Venus. Marte a fost cândva scobit de ape: are urme de fluvii sinuoase, văi, delte, rețele de afluenți şi canioane săpate de apă. Dovezile sunt suficient de solide pentru a ne permite să declarăm că, dacă a existat vreun loc din sistemul solar – în afară de Pământ – care să aibă o rezervă foarte bogată de apă, acela a fost Marte. Din motive necunoscute, astăzi suprafața planetei este uscată. De câte ori mă uit la Venus şi Marte, sora şi fratele Pământului, mă gândesc din nou la planeta noastră şi mă întreb cât de fragilă ar putea fi de fapt rezerva noastră de apă.

Aşa cum ştim, observațiile imaginative asupra planetelor făcute de Percival Lowell l-au determinat să presupună că marțienii au construit o rețea elaborată de canale pentru a redistribui apa din calotele polare către latitudinile ecuatoriale, mai populate. Pentru a explica ce credea el că a văzut, Lowell şi-a imaginat o civilizație pe moarte, rămasă fără prea multă apă. În tratatul lui despre Marte, publicat în 1909, exhaustiv şi ciudat de greşit conceput, deplânge iminentul sfârşit al civilizației marțiene, aşa cum credea el că l-a văzut:

> *Este sigur că planeta va seca până când pe suprafața ei nu va mai putea exista viață. Încet, dar sigur, timpul o va sufoca. Când ultima scânteie de viață se va stinge, planeta se va rostogoli prin spațiu ca o lume moartă, cu o carieră evolutivă definitiv încheiată.* (p. 216)

Din întâmplare, Lowell a înțeles bine un lucru. Dacă a existat vreodată pe suprafața lui Marte o civilizație (sau viață, de orice fel) care avea nevoie de apă, atunci, într-un anumit moment din istoria marțiană şi din motive necunoscute, toată apa de la suprafață a dispărut, ducând la soarta descrisă de Lowell pentru viața respectivă. Apa care lipseşte acum de pe Marte ar putea fi în subsol,

capturată în permafrostul planetei. Dovezile? E mult mai probabil să găsim urme de noroi uscat pe marginile craterelor mari de pe suprafața planetei decât pe marginile celor mici. Presupunând că permafrostul este gros, pentru dezgroparea lui ar fi nevoie de o coliziune serioasă. Depozitul de energie dintr-un astfel de impact ar topi gheața din subsol, împrăştiind-o la suprafață. Craterele de acest tip sunt mult mai întâlnite la latitudinile polare, acolo unde ne-am putea aştepta ca stratul de permafrost să fie mai aproape de suprafața planetei. După unele estimări, dacă toată apa pe care o credem ascunsă în solul marțian şi cea din calotele polare s-ar topi şi s-ar întinde pe suprafață, planeta ar deveni un ocean nesfârşit, adânc de zeci de metri. O căutare exhaustivă a vieții (sau a fosilelor) de pe Marte trebuie să includă un plan de studiere a mai multor locuri, inclusiv a subsolului.

Când s-au gândit la locurile în care am putea găsi apă în stare lichidă (şi, prin asociere, viață), astrofizicienii au fost înclinați la început să ia în calcul planetele care gravitau la o anumită distanță de steaua centrală, care să permită păstrarea apei sub formă lichidă – situate nici prea departe, nici prea aproape. Această „zonă locuibilă”, aşa cum a ajuns să fie numită, a reprezentat un bun punct de pornire. Numai că nu lua în considerare posibilitatea existenței vieții în locuri în care apa era împiedicată să înghețe de alte surse de energie. Un efect de seră moderat ar fi fost suficient. La fel şi sursele interne de energie, cum ar fi căldura rămasă de la formarea planetei sau descompunerea radioactivă a elementelor grele instabile – toate acestea contribuie la căldura reziduală a Pământului şi la activitatea geologică provocată de aceasta.

O altă sursă de energie o reprezintă atracțiile planetare, un concept mai general decât simplul dans al lunii care are drept urmare modificarea periodică a nivelului oceanului

planetar. Aşa cum am văzut, Io, una dintre lunile lui Jupiter, este supusă unei influenţe neîntrerupte prin atracţia diferită pe care Jupiter o exercită asupra ei când luna circulă pe orbită mai aproape sau mai departe de planetă. Deşi este la o distanţă de Soare care i-ar putea garanta gheaţa veşnică, Io are un nivel de stres care i-ar putea aduce titlul de cel mai activ geologic loc din întregul sistem solar: are vulcani activi, crăpături de suprafaţă şi plăci tectonice. Unii au asemănat situaţia lui Io din zilele noastre cu Pământul primordial, care încă mai mocnea în urma episodului de formare.

O altă lună interesantă a lui Jupiter este Europa, care este încălzită şi ea prin forţa de atracţie. S-a confirmat recent (ca urmare a imaginilor obţinute de sonda spaţială Galileo) că, aşa cum se bănuia deja de o vreme, Europa este o lume acoperită cu calote groase de gheaţă care migrează pe un ocean de subsol format din apă în stare lichidă sau zloată. Un ocean de apă! Imaginaţi-vă cum e să pescuieşti la copcă acolo. Inginerii şi oamenii de ştiinţă au început să se gândească la o misiune în care o sondă să asolizeze, să facă o gaură în gheaţă şi să scufunde acolo o cameră de luat vederi care să le permită să arunce o privire. De vreme ce oceanele sunt cel mai probabil loc de origine a vieţii pe Pământ, existenţa vieţii în oceanele Europei devine o fantezie plauzibilă.

După părerea mea, cea mai uimitoare trăsătură a apei nu este statutul binemeritat de „solvent universal” despre care am învăţat la ora de chimie, şi nici faptul că rămâne în stare lichidă la o gamă uriaşă de temperaturi. Aşa cum am văzut deja, cea mai surprinzătoare caracteristică a apei este aceea că, deşi cele mai multe lucruri – inclusiv apa – îşi reduc volumul şi devin mai dense când sunt răcite, volumul apei sporeşte şi densitatea ei scade sub 4 grade Celsius. La zero grade este mai puţin densă decât la orice altă

temperatură pe care o are sub formă de lichid, veste proastă pentru țevile de scurgere, dar foarte bună pentru peşti. Iarna, când temperatura aerului este negativă, apa de 4 grade se duce la fund şi rămâne acolo, lăsând gheața să se formeze încet la suprafață şi să izoleze apa mai caldă din adânc.

În lipsa acestei inversiuni a densității sub 4 grade, ori de câte ori temperatura ar atinge nivelul de îngheț, suprafața unei ape ar îngheța şi s-ar scufunda, aducând deasupra apa mai caldă din adânc. Această convecție forțată ar scădea rapid temperatura apei la zero grade, de jos în sus. Într-o astfel de lume nu s-ar putea pescui la copcă, fiindcă toți peştii ar muri – congelați. Iar pescarii ar sta pe gheață fie scufundați sub toată apa încă neînghețată, fie pe un corp de apă complet înghețat. N-ar mai fi nevoie de spărgătoare de gheață pentru a traversa înghețata Arctică: întregul Ocean Arctic ar fi bocnă sau ar avea gheața la fund, permițând navigarea fără incidente. Am putea umbla pe apă fără teama că o să ne scufundăm. Într-o astfel de lume, cuburile de gheață şi aisbergurile ar fi cele care s-ar scufunda, iar Titanicul ar fi ajuns în 1912 la New York pufăind liniştit.

Existența apei în galaxie nu se limitează la planete şi la lunile acestora. Ca şi alte câteva substanțe chimice de prin casă, cum ar fi amoniacul, metanul şi alcoolul etilic, moleculele de apă se găsesc în mod curent în norii gazoşi interstelari reci. În condiții speciale de temperatură redusă şi densitate mare, un curent de molecule de apă poate transforma şi scurge energia dintr-o stea într-o rază de microunde de mare intensitate. Fizica atomică a acestui fenomen seamănă foarte mult cu ceea ce se întâmplă cu lumina vizibilă în interiorul unui laser, numai că în acest din urmă caz vorbim despre un „maser” (microunde amplificate prin stimularea emisiunii radiației), fiindcă locul

luminii este luat acum de microunde. Nu doar că apa se găseşte pretutindeni în galaxie, dar uneori radiază spre dumneavoastră.

Ştim că apa este esențială pentru viața pe Pământ, dar nu putem decât să presupunem că este o cerință obligatorie pentru viața din alt colț al galaxiei. Cel puțin pentru cei care nu ştiu deloc chimie, apa este o substanță mortală, de evitat. În 1997, Nathan Zohner, un elev de 14 ani de la un liceu din Idaho, a făcut un experiment deja celebru care a cercetat legăturile dintre opiniile antitehnologie şi fobia de substanțe chimice. El a invitat oamenii să semneze o petiție prin care se cerea controlul strict sau chiar interdicția asupra monoxidului de dihidrogen. Şi a făcut o listă cu oribilele proprietăți ale acestei substanțe incolore şi inodore:

- Este o componentă de bază a ploilor acide
- Dizolvă aproape orice materie cu care intră în contact
- Inhalarea accidentală poate fi letală
- În stare gazoasă poate provoca arsuri grave
- A fost descoperită în tumorile pacienților aflați în stadiu terminal

Dintre cele 50 de persoane abordate de Zohner, 43 au semnat petiția, şase au rămas nedecişi, iar una, suporteră înfocată a monoxidului de dihidrogen, a refuzat să semneze. Da, 86% dintre oameni au votat pentru interzicerea apei (H_2O) din mediu.

S-ar putea ca asta să fie cauza dispariției apei de pe Marte.

25. SPAȚIUL VIU

Dacă întrebați pe cineva de unde este, de obicei o să vă spună numele oraşului în care s-a născut, ori poate zona de pe Pământ unde şi-a petrecut primii ani din viață. Nimic greşit. Un răspuns mai bogat din punct de vedere astrochimic ar putea fi: „Provin dintr-un jet exploziv al unei mulțimi de stele cu masă mare care au murit în urmă cu mai bine de cinci miliarde de ani".

Spațiul este cea mai mare fabrică chimică. Big Bangul este primul eveniment care a pus fabrica în funcțiune. El a înzestrat universul cu hidrogen, heliu şi ceva litiu: cele mai uşoare trei elemente. Stelele le-au forjat pe celelalte nouăzeci şi două care apar în natură, inclusiv carbonul, calciul şi fosforul din fiecare vietate de pe Pământ, fie ea om sau altceva. Cât de inutilă ar fi fost această gamă de materie primă dacă ar fi rămas închisă în stele! Dar atunci când mor, stelele returnează cosmosului cea mai mare parte a masei lor, împrăştiind în norii de gaz din apropiere un portofoliu de atomi care îmbogățesc următoarele generații de stele.

În condițiile potrivite de temperatură şi presiune, mulți atomi se unesc pentru a forma molecule simple. Apoi, pe căi complicate şi inventive, multe molecule devin mai mari şi mai complexe. În cele din urmă, în nenumărate miliarde de locuri din univers, moleculele complexe produc un fel de viață. Cel puțin într-un colț al cosmosului, aceste molecule au devenit atât de complicate, încât au căpătat conştiință şi abilitatea de a articula şi comunica idei ca cele care se găsesc în această pagină.

Este adevărat, nu doar oamenii, ci şi orice alt organism din cosmos, împreună cu planeta sau luna pe care s-ar putea afla, îşi datorează existența unor epave ale stelelor epuizate. Suntem făcuți din moloz. Trebuie să acceptăm asta. Sau, şi mai bine, să ne bucurăm că aşa stau lucrurile.

În definitiv, ce gând ar putea fi mai nobil decât acela că universul trăieşte în fiecare dintre noi?

Pentru a prepara nişte viaţă nu avem nevoie de ingrediente rare. Gândiţi-vă la primele cinci elemente de pe lista celor mai întâlnite în cosmos: hidrogenul, heliul, oxigenul, carbonul şi azotul. Daţi la o parte heliul, care este chimic inert – adică nu e prea dispus să formeze molecule cu altcineva – şi aveţi primele patru ingrediente ale vieţii de pe Pământ. Aşteptând semnalul de intrare în acţiune în norii uriaşi care se ascund printre stelele galaxiei, aceste elemente încep să formeze molecule de îndată ce temperatura scade sub câteva mii de grade Kelvin.

Moleculele alcătuite din doar doi atomi se constituie primele: monoxidul de carbon şi hidrogenul molecular (atomi de hidrogen împerecheaţi). Când mai scade temperatura, apar molecule stabile din trei sau patru atomi, cum ar fi apa (H_2O), dioxidul de carbon (CO_2) şi amoniacul (NH_3) – ingrediente simple, dar esenţiale din bucătăria vieţii. Când temperatura scade şi mai mult, se formează hoarde de molecule cu cinci sau şase atomi. Iat cum carbonul se găseşte din abundenţă şi, pe deasupra, este foarte întreprinzător din punct de vedere chimic, el apare în mai toate moleculele. Trei sferturi din toate „speciile” moleculare descoperite în spaţiul interstelar au cel puţin un atom de carbon.

Sună promiţător. Însă spaţiul poate fi un loc periculos pentru molecule. Dacă nu le distruge energia exploziilor solare, o s-o facă lumina ultravioletă provenită din stelele ultraluminoase aflate în apropiere. Cu cât este molecula mai mare, cu atât îi este mai greu să reziste acestor asalturi. Moleculele suficient de norocoase pentru a locui într-o vecinătate fără evenimente sau protejată pot rezista suficient pentru a fi încorporate în praful cosmic, apoi în asteroizi,

comete, planete şi oameni. Şi totuşi, chiar dacă niciuna dintre moleculele originale nu supravieţuieşte violenţei stelare, rămân o mulţime de atomi şi de timp pentru formarea altor molecule complicate, nu doar pe parcursul formării unei planete, ci şi pe suprafaţa nubilă şi în interiorul planetei respective. Remarcabile în lista scurtă de molecule complexe sunt adenina (una dintre nucleotide, sau „bazele" din care este alcătuit ADN-ul), glicina (precursor al proteinei) şi glicoaldehida (un carbohidrat). Astfel de ingrediente, împreună cu altele de calibrul lor, sunt esenţiale pentru viaţă aşa cum o cunoaştem noi şi, bineînţeles, nu se găsesc doar pe Pământ.

Dar orgiile moleculelor organice nu înseamnă viaţă, aşa cum făina, apa, drojdia şi sarea nu înseamnă pâine. Chiar dacă saltul de la materia primă la individ rămâne misterios, este absolut necesară îndeplinirea unor condiţii. Mediul trebuie să încurajeze moleculele să experimenteze şi să le protejeze în timp ce fac asta. Lichidele oferă un mediu deosebit de atractiv, fiindcă permit atât contactul intim, cât şi mobilitatea ridicată. Cu cât oferă mediul mai multe oportunităţi chimice, cu atât mai imaginativi pot fi rezidenţii lui. Un alt factor esenţial, impus de legile fizicii, este o rezervă generoasă de energie care să impulsioneze reacţiile chimice.

Dată fiind gama extinsă de temperaturi, presiuni, acidităţi şi fluxuri radiante în care viaţa înfloreşte pe Pământ, precum şi faptul că un cotlon confortabil pentru un microb poate fi cameră de tortură pentru altul, oamenii de ştiinţă nu pot stipula deocamdată alte condiţii pentru viaţa din alte părţi. Găsim o demonstraţie a limitelor acestui exerciţiu în fascinanta cărticică *Cosmotheoros*, scrisă în secolul al XVII-lea de astronomul olandez Christiaan Huygens. Acolo autorul speculează pe marginea ideii că

formele de viață de pe alte planete trebuie să cultive cânepă. Altfel din ce ar face frânghiile necesare pentru ancorarea navelor cu care umblă pe mări?

Trei secole mai târziu, ne mulțumim doar cu o grămadă de molecule. Le scuturăm şi le amestecăm şi, în câteva sute de milioane de ani, s-ar putea să obținem o înfloritoare colonie de organisme.

Un lucru e sigur: viața de pe Pământ este uimitor de fertilă. Dar cum rămâne cu restul universului? Dacă există pe undeva vreun corp ceresc care să semene în vreun fel cu planeta noastră, s-ar putea să fi desfăşurat experimente similare cu ingrediente chimice asemănătoare. Poate că aceste experimente au respectat coregrafia impusă de legile fizicii valabile în întregul univers.

Să ne gândim la carbon. Are capacitatea de a forma legături în mai multe feluri, atât cu el cât şi cu alte elemente, ceea ce îi conferă o exuberanță chimică fără pereche în tabloul periodic. Carbonul formează mai multe tipuri de molecule (cum vă sună 10 milioane?) decât toate celelalte elemente la un loc. O cale foarte întâlnită de formare a moleculelor este împărtăşirea de către atomi a unuia sau a mai multor electroni exteriori, ceea ce duce la crearea unui cuplaj reciproc asemănător celui care leagă vagoanele de marfă. Fiecare atom de carbon se poate lega în acest fel cu unul, doi, trei sau patru alți atomi, în vreme ce atomul de hidrogen se poate lega doar cu unul, oxigenul cu unul sau doi, iar azotul cu trei.

Legându-se cu sine însuşi, carbonul poate genera miriade de combinații de molecule înlănțuite, foarte ramificate sau inelare. Aceste molecule organice complexe sunt pregătite să facă lucruri la care moleculele mici nici măcar nu îndrăznesc să viseze. De exemplu, pot îndeplini o sarcină la un capăt şi o altfel de sarcină la celălalt. Se pot

încovoia şi răsuci, împletindu-se cu alte molecule şi generând un şir nesfârşit de trăsături şi proprietăți. Probabil cea mai importantă moleculă pe bază de carbon este ADN-ul: un lanț dublu în care este codată identitatea vieții.

Dar apa? Când vine vorba de asigurarea unui adăpost pentru viață, apa are proprietatea foarte utilă de a rămâne lichidă într-o gamă de temperaturi pe care cei mai mulți biologi o consideră foarte largă. Problema este că cei mai mulți biologi se uită pe Pământ, unde apa rămâne lichidă pe o bucată de aproximativ 100 de grade din scara Celsius. Dar în anumite locuri de pe Marte presiunea atmosferică este atât de scăzută încât apa nu se găseşte aproape niciodată în stare lichidă: o cană cu apă proaspăt turnată fierbe şi îngheață în acelaşi timp! Şi totuşi, în ciuda stării jalnice în care se află Marte astăzi, atmosfera lui a întreținut cândva rezerve serioase de apă. Dacă a existat vreodată viață pe suprafața Planetei Roşii, acela trebuie să fi fost momentul.

Bineînțeles, Pământul are o mare – şi uneori mortală – cantitate de apă la suprafață. De unde provine? Aşa cum am văzut mai devreme, cometele sunt o sursă posibilă: sunt pline de apă (înghețată) şi se găsesc în sistemul nostru solar cu miliardele, iar unele sunt destul de mari. Trebuie să se fi ciocnit regulat de Pământ în trecut, când energia solară abia se forma. O altă sursă de apă ar putea fi erupțiile vulcanice, un fenomen frecvent în tinerețea planetei. Vulcanii erup nu doar pentru că magma este fierbinte, ci pentru că magma fierbinte transformă apa din subteran în aburi, care apoi explodează. Aburul nu mai are loc în camera subterană, aşa că vulcanul aruncă capacul de pe oală, aducând apă din adânc la suprafață. Date fiind toate acestea, nu este deloc surprinzătoare prezența apei la suprafața planetei.

Chiar dacă viața de pe Pământ îmbracă o mare varietate de forme, toate acestea au părți comune de ADN.

Biologul preocupat doar de Pământ este încântat de diversitatea vieții, dar astrobiologul visează la varietate la o scară mai mare: viața bazată pe un ADN extraterestru sau pe cu totul altceva. Din păcate, planeta noastră este singura mostră biologică de care dispunem. Totuşi, astrobiologul îşi poate face o idee despre formele de viață din alte părți ale cosmosului studiind organismele care înfloresc în medii extreme aici, pe Pământ.

Odată ce începi să le cauți, găseşti aceste extremofile peste tot: în locurile de depozitare a deşeurilor nucleare, în gheizere acide, în râuri acide saturate cu fier, în vulcanii submarini, în permafrost, în depozitele de zgură, în bazinele comerciale pentru obținerea sării prin evaporarea apei şi într-o mulțime de alte locuri pe care nu le-ați alege ca destinație în luna de miere, dar care s-ar putea să fie destul de obişnuite pentru restul planetelor şi lunilor din spațiu. Biologii au presupus cândva că viața a început într-o „baltă micuță şi caldă", ca să-l citez pe Darwin (1959, p. 202). Însă, în zilele noastre au apărut multe dovezi care sprijină perspectiva conform căreia primele forme de viață pământene au fost extremofilele.

Aşa cum o să vedem în Secțiunea următoare, în primii o jumătate de miliard de ani, miezul sistemului nostru solar semăna cu un poligon de tir. Suprafața era bombardată întruna de bolovani mari şi mici care lăsau în urmă cratere. Orice încercare de formare a vieții ar fi fost întreruptă imediat. Totuşi, în urmă cu aproximativ patru miliarde de ani, ritmul bombardamentului a scăzut, odată cu temperatura de la suprafața planetei, permițând desfăşurarea şi înflorirea experimentelor chimice. Manualele mai vechi fixează baza de referință la naşterea sistemului solar şi declară că a fost nevoie de şapte sau opt sute de milioane de ani pentru formarea vieții pe Pământ. Dar nu este aşa: experimentele din laboratoarele chimice ale

planetei nu ar fi putut începe înainte de calmarea bombardamentului. Scădeți şase sute de milioane de ani în care bombardamentul a fost intens şi o să rămâneți cu doar două sute de milioane de ani în care organismele unicelulare şi-au făcut apariția în supa primordială. Chiar dacă oamenii de ştiință continuă să se lovească de enigma începutului vieții, e clar că natura n-a avut probleme la acest capitol.

În numai câteva zeci de ani astrochimiştii au evoluat de la o lipsă totală de cunoştințe despre moleculele din spațiu până la descoperirea unei multitudini, practic peste tot. Mai mult, în ultimul deceniu, astrofizicienii au confirmat că există planete care gravitează în jurul altor stele şi că fiecare sistem stelar este plin de aceleaşi patru ingrediente de bază ale vieții din casa noastră cosmică. Chiar dacă nimeni nu se aşteaptă să găsească viață pe o stea, fie ea şi una „rece", de numai o mie de grade, Pământul are foarte multă viață în locuri în care temperatura este de câteva sute de grade. Puse împreună, aceste descoperiri sugerează că este rezonabil să considerăm universul mai degrabă fundamental familiar decât absolut extraterestru.

Dar cât de familiar? Putem spune că toate formele de viață sunt asemenea celor pământene – bazate pe carbon şi dependente de apă?

Siliciul este unul dintre primele zece cele mai răspândite elemente din univers. În tabelul periodic este aşezat imediat sub carbon, ceea ce indică o configurație electronică identică a învelişurilor exterioare. Ca şi carbonul, poate forma legături cu unul, doi, trei sau patru atomi. În condițiile potrivite, poate forma şi molecule foarte lungi. De vreme ce oferă oportunități chimice similare cu ale carbonului, de ce nu ar putea constitui şi el o bază pentru viață?

O problemă a siliciului – în afară de faptul că este de zece ori mai rar decât carbonul – este dată de legăturile puternice pe care le creează. De exemplu, dacă legăm siliciu şi oxigen nu obţinem seminţele chimiei organice, ci piatră. Pe Pământ, chimia asta ţine de departamentul materiei cu o durată de viaţă îndelungată. Pentru o chimie prietenoasă cu organismele avem nevoie de legături suficient de puternice pentru a rezista asalturilor moderate ale mediului, dar nu într-atât de puternice încât să inhibe experimentele ulterioare.

Cât de importantă este apa în stare lichidă? Este singurul mediu potrivit pentru experimente chimice? Singurul mediu care poate transporta substanţe nutritive dintr-o parte a unui organism în alta? Poate că viaţa are nevoie de un lichid, pur şi simplu. Amoniacul este destul de întâlnit. La fel şi etanolul. Ambele sunt printre cele mai abundente ingrediente din univers. Amoniacul amestecat cu apă are un punct de îngheţ mult mai coborât (în jur de – 70 de grade Celsius) decât apa simplă (cu zero), aşa că ar lărgi varietatea condiţiilor în care am putea găsi viaţă iubitoare de lichide. Şi mai există o posibilitate: într-o lume lipsită de o sursă internă de căldură, care gravitează departe de steaua centrală şi este îngheţată bocnă, metanul, care în mod normal se prezintă în stare gazoasă, poate deveni lichidul favorit.

În 2005, sonda Huygens (ştiţi dumneavoastră după cine a fost botezată astfel) a Agenţiei Spaţiale Europene a asolizat pe cea mai mare lună a lui Saturn, Titan, care este gazda multor reacţii chimice organice şi se bucură de o atmosferă de zece ori mai densă decât a Pământului. Lăsând deoparte planetele Jupiter, Saturn, Uranus şi Neptun, alcătuite în întregime din gaze şi lipsite de o suprafaţă rigidă, doar patru

corpuri cereşti din sistemul nostru solar au o atmosferă semnificativă: Venus, Pământul, Marte şi Titan.

Titan nu a fost o ţintă întâmplătoare a misiunii. În portofoliul său de molecule găsim apa, amoniacul, metanul şi etanul, dar şi compuşi multiinelari cunoscuţi sub denumirea „hidrocarburi policiclice aromatice". Apa îngheţată este atât de rece încât are o duritate apropiată de a betonului. Însă combinaţia de temperatură şi presiune a lichefiat metanul, iar primele imagini trimise de Huygens par să indice prezenţa unor râuri şi lacuri din metan. În anumite privinţe, chimia suprafeţei lui Titan seamănă cu a Pământului tânăr, ceea ce explică faptul că foarte mulţi astrobiologi văd în Titan un laborator „viu" pentru studierea trecutului îndepărtat al Pământului. Experimente desfăşurate în urmă cu două decenii arată că un adaos de apă şi puţin acid în supa organică generată de iradierea gazelor care alcătuiesc atmosfera cețoasă de pe Titan ar putea produce şaisprezece aminoacizi.

Recent, biologii au descoperit că Pământul poate găzdui sub sol o biomasă mult mai mare decât cea de la suprafaţă. Cercetările de astăzi asupra obiceiurilor bine conturate ale vieţii demonstrează din nou că viaţa cunoaşte destul de puţine limitări. Stereotipul savantului nebun care caută omuleţi verzi pe planetele învecinate nu mai este valabil. Cercetătorii de azi sunt hibrizi sofisticaţi care folosesc nu doar instrumentele astrofizicii, biologiei şi chimiei, ci şi pe cele ale geologiei şi paleontologiei, căutând viaţă peste tot.

26. VIAȚA ÎN UNIVERS

Descoperirea a sute de planete care gravitează în jurul altor stele a stârnit publicului un interes deosebit. Atenția a fost captată nu atât de descoperirea planetelor exosolare, cât de perspectiva ca pe acestea să existe viață inteligentă. În orice caz, extazul continuu al mass-mediei s-ar putea să fie deplasat. De ce? Fiindcă planetele nu pot fi chiar aşa de rare în univers dacă Soarele, o stea oarecare, are opt. De asemenea, planetele proaspăt descoperite sunt giganți gazoşi care seamănă cu Jupiter, ceea ce înseamnă că nu au o suprafață potrivită pentru apariția vieții aşa cum o cunoaştem noi. Şi chiar dacă ar fi pline de extratereştri energici, şansele ca aceste forme de viață să fie inteligente sunt infinitezimale.

În mod obişnuit, omul de ştiință (sau oricine altcineva) nu poate face un pas mai riscant decât acela de a generaliza pornind de la un singur exemplu. Deocamdată, viața de pe Pământ este singura cunoscută din univers, dar există argumente convingătoare pentru a crede că nu suntem singuri. Cei mai mulți astrofizicieni acceptă probabilitatea existenței vieții în altă parte. Raționamentul este simplu: dacă sistemul nostru solar nu este neobişnuit, atunci există atât de multe planete în univers, încât, de exemplu, depăşesc suma tuturor sunetelor şi cuvintelor rostite vreodată de un om în viață. A declara că Pământul este singura planetă pe care există viață e o nerozie fără scuză din partea noastră.

Multe generații de gânditori, atât religioşi cât şi provenind din zona ştiinței, au fost derutați de presupoziții antropocentrice, în vreme ce alții au fost derutați de ignoranță. În absența dogmelor şi a datelor este mai simplu să te ghidezi după ideea că nu suntem speciali, numită de obicei „principiul copernican”, după numele lui Nicolaus Copernic, desigur, care, la mijlocul secolului al XVI-lea a pus Soarele în mijlocul sistemului nostru solar, acolo unde

îi era locul. Chiar dacă exista o ipoteză din secolul al III-lea î.Hr. în care Soarele era în centrul universului, propusă de filosoful grec Aristarh, universul cu Pământul în centru a reprezentat viziunea cea mai populară de-a lungul a două mii de ani. Ghidați de scrierile lui Aristotel şi Ptolemeu, iar mai apoi de Biserica Catolică, oamenii au considerat Pământul centrul întregii mişcări din universul cunoscut. Era un fapt de la sine înțeles. Nu numai că universul arăta astfel, dar chiar fusese creat aşa de către Dumnezeu.

Principiul copernican nu ne oferă garanția că ne va ghida întotdeauna spre adevăruri cosmice, dar până acum a funcționat destul de bine: nu numai că Pământul nu se află în centrul sistemului solar, dar nici măcar sistemul nu este în centrul galaxiei Calea Lactee, iar aceasta nu se găseşte nici ea în centrul universului. În plus, s-ar putea ca universul nostru să fie doar unul dintre numeroasele care compun un multivers. Iar în cazul în care faceți parte dintre cei care cred că marginea poate fi un loc special, aflați că nu ne găsim la nicio margine.

O poziție contemporană înțeleaptă ar fi aceea în care presupunem că viața pe Pământ nu este imună la principiul copernican. Dacă facem asta, ne putem întreba cum de apariția chimiei vieții pe Pământ ne furnizează indicii despre cum ar putea fi viața în altă parte din univers.

Nu ştiu dacă biologii sunt uluiți în fiecare zi de diversitatea vieții. Pe această planetă unică numită Pământ coexistă (printre nenumărate alte forme) alge, gândaci, licheni, meduze, şerpi, condori şi arbori sequoia giganți. Imaginați-vă aceste şapte organisme aliniate unul lângă altul după mărime. Dacă nu ați şti ce sunt, ați avea probleme să credeți că provin din acelaşi univers, şi cu atât mai puțin ați putea crede că sunt de pe aceeaşi planetă. Încercați să descrieți un şarpe cuiva care nu a mai văzut

niciodată unul: „Trebuie să mă crezi. Pe Pământ există un animal care (1) poate urmări prada cu detectori de infraroşii, (2) înghite animale vii întregi de cinci ori mai mari decât capul lui, (3) nu are mâini, picioare sau alte membre şi totuşi (4) poate aluneca pe pământ cu o jumătate de metru pe secundă!”

Dată fiind această diversitate a vieții pe Pământ, ne-am putea aştepta şi la o diversitate printre extratereştrii de la Hollywood. Sunt întotdeauna uimit de lipsa de creativitate din industria filmului. Cu câteva excepții remarcabile, cum sunt extratereştrii din *The Blob* (1958), *Odiseea spațială 2001* (1968) şi *Contact* (1997), extratereştrii de la Hollywood sunt cât se poate de umanoizi. Oricât de urâți (sau de drăguți) ar fi, aproape toți au doi ochi, nas, gură, două urechi, un cap, un gât, umeri, brațe, mâini, degete, cutie toracică, două picioare. Şi pot umbla. Din punct de vedere anatomic, aceste creaturi nu se deosebesc de oameni, şi totuşi se presupune că provin de pe altă planetă. Singurul lucru cert este acela că, inteligentă sau nu, viața din altă parte ar trebui să îmbrace forme la fel de exotice precum cele de pe Pământ.

Compoziția chimică a vieții de pe planeta noastră este bazată în principal pe câteva ingrediente. Hidrogenul, oxigenul şi carbonul intră în compoziția a 95% dintre atomii corpului uman şi ai vieții în general. Dintre cele trei componente, carbonul are o structură chimică care îi permite să creeze uşor şi constant legături cu sine şi cu multe alte elemente în foarte multe moduri, motiv pentru care considerăm că suntem ființe pe bază de carbon, iar studierea moleculelor care conțin carbon este numită chimie „organică”. În mod ciudat, studierea vieții din alte părți ale universului este numită „exobiologie” şi se numără printre puținele discipline care încearcă să funcționeze în absența completă a datelor concrete.

Este viața specială din punct de vedere chimic? Principiul copernican sugerează că s-ar putea să nu fie cazul. Extratereştrii nu trebuie să arate ca noi pentru a ne semăna în multe privințe fundamentale. Gândiți-vă că cele mai întâlnite elemente din univers sunt hidrogenul, heliul, oxigenul şi carbonul. Heliul este inert. Aşa că cele mai abundente ingrediente din cosmos active chimic sunt principalele trei ingrediente ale vieții de pe Pământ. Din acest motiv, puteți paria că, dacă se găseşte viață pe o altă planetă, o să fie compusă dintr-un amestec de elemente similar. Dacă ar fi fost invers, iar viața de pe Pământ ar fi fost compusă în special din molibden, bismut şi plutoniu, de exemplu, am fi avut motive excelente să credem că suntem speciali în univers.

Făcând apel încă o dată la principiul copernican, putem presupune că e puțin probabil ca dimensiunea unui organism extraterestru să fie extraordinar de mare în comparație cu viața aşa cum o cunoaştem noi. Există motive structurale întemeiate pentru care nu ne putem aştepta să găsim pe vreo planetă o formă de viață mişcătoare de dimensiunile Empire State Building. Însă dacă ignorăm aceste limitări din ingineria materiei biologice ne apropiem de o altă limită fundamentală. Dacă presupunem că un extraterestru are control asupra propriilor membre sau, şi mai general, dacă presupunem că organismul funcționează coerent, ca un sistem, atunci dimensiunile lui sunt limitate în special de abilitatea de a trimite semnale cu viteza luminii – cea mai mare viteză posibilă din univers. Ducând lucrurile aparent la extrem, dacă un organism ar fi la fel de mare ca sistemul nostru solar (cu un diametru de aproximativ 10 ore-lumină) şi ar dori să se scarpine în cap, îndeplinirea acestui simplu act ar dura cel puțin 10 ore. Astfel de mişcări, mai încete decât ale leneşului, ar limita posibilitățile evolutive, fiindcă timpul scurs de la începutul

universului s-ar putea dovedi insuficient pentru apariția acestei creaturi din forme de viață mai mici de-a lungul mai multor generații.

Dar cum rămâne cu inteligența? Când extratereştrii de la Hollywood reuşesc să viziteze Pământul, ne aşteptăm să fie remarcabil de deştepți. Dar ştiu câțiva cărora ar fi trebuit să le fie ruşine de prostia lor. Mergeam cu maşina de la Boston la New York, un drum de patru ore, şi, navigând prin posturile de radio, am dat peste o piesă de teatru în care, după cât mi-am putut da seama, era vorba despre nişte extratereştri răi care terorizau pământenii. Se pare că aveau nevoie de atomi de hidrogen pentru a supraviețui, aşa că veneau întruna pe Pământ ca să sugă oceanele şi să extragă hidrogenul din moleculele de apă.

Ce extratereştri tâmpiți!

Probabil nu s-au uitat pe alte planete în drum spre Pământ, fiindcă Jupiter, de exemplu, are un conținut de hidrogen pur de două sute de ori cât masa Pământului. Şi presupun că nu le-a spus nimeni niciodată că peste 90% din toți atomii din univers sunt de hidrogen.

Şi cum rămâne cu extratereştrii care, deşi reuşesc să parcurgă mii de ani-lumină prin spațiul interstelar, o dau în bară la sosire şi se prăbuşesc pe Pământ?

Mai există şi extratereştrii din *Întâlnire de gradul trei*, filmul din 1977, care, înainte de a sosi, au transmis pe Pământ o secvență misterioasă de cifre pe care experții în criptare le-au decodat ca fiind latitudinea şi longitudinea locului de aterizare. Însă longitudinea Pământului are un punct de pornire absolut arbitrar – meridianul zero, care trece prin Greenwich, Anglia –, stabilit prin acord internațional. În plus, atât latitudinea cât şi longitudinea sunt măsurate în nişte unități nenaturale numite „grade”, dintre care într-un cerc se află 360. Mi se pare că, dacă ar fi

fost înarmați cu astfel de cunoştințe despre cultura umană, ar fi putut pur şi simplu să învețe engleză şi să spună: „O să aterizăm lângă Turnul Diavolului, în Wyoming. Şi, dat fiind că venim cu o farfurie zburătoare, n-o să avem nevoie de balize."

Premiul pentru cea mai proastă creatură din toate timpurile ar trebui să-i parvină extraterestrului din filmul original *Star Trek*, din 1979. V-ger, cum îşi spunea el însuşi (pronunțând „vi-ger"), era o sondă spațială antică aflată în misiune de descoperire şi raportare. Sonda a fost „pescuită" din adâncul spațiului de o civilizație de extratereştri mecanici şi reconfigurată aşa încât să poată îndeplini aceeaşi misiune pentru întregul univers. În cele din urmă, sonda a dobândit toată cunoaşterea posibilă şi, odată cu aceasta, şi conştiință. Enterprise a dat peste această colecție vie de informație cosmică într-un moment în care extraterestrul căuta Creatorul şi sensul vieții. Literele care se vedeau pe marginea sondei erau „V" şi „ger". La puțină vreme, căpitanul Kirk descoperă că sonda era Voyager 6, lansată de oamenii de pe Pământ la sfârşitul secolului XX. S-ar părea că secvența de litere „oya" se ştersese şi nu mai era vizibilă. OK. Dar m-am întrebat dintotdeauna cum de V-ger a acumulat toate cunoştințele din univers şi a dobândit conştiință şi totuşi nu ştia că numele lui real este Voyager.

Nici măcar nu merită să mai pomenesc despre megasuccesul din 1996 *Ziua Independenței*. Nu mi se pare nimic mai insultător decât extratereştrii răi. Fără ei n-ar exista o industrie a filmului ştiințifico-fantastic. Cei din *Ziua Independenței* erau foarte nenorociți. Arătau ca o încrucişare genetică dintre o meduză otrăvitoare, un rechin-ciocan şi un om. Deşi creativ erau mai bine concepuți decât cei mai mulți extratereştri de la Hollywood, farfuriile lor zburătoare erau echipate cu scaune tapițate cu brațe şi spătar înalt.

Mă bucur că, în cele din urmă, oamenii învinș. I-am învins pe extratereştrii din *Ziua Independenței* folosind un laptop Macintosh cu care am încărcat un virus la bordul navei-mamă (care avea o cincime din masa Lunii), dezarmându-i scutul de protecție. Nu ştiu ce credeți dumneavoastră, dar eu am probleme să instalez programe pe alte calculatoare din departamentul în care lucrez, mai ales când sistemele de operare sunt diferite. Nu există decât o soluție: întregul sistem al navei-mamă trebuie să fi funcționat cu aceeaşi versiune de sistem Apple ca laptopul de pe care a fost trimis virusul.

Vă mulțumesc pentru răbdare. Trebuia să-mi iau asta de pe suflet...

Să presupunem, de dragul argumentului, că oamenii sunt singura specie din istoria vieții pe Pământ care a atins un nivel ridicat de inteligență. (Nu vreau s-o luați ca pe lipsă de respect față de mamiferele cu creier mare. Majoritatea se pot ocupa de astrofizică sau de poezie, şi oricum concluziile mele nu se modifică substanțial dacă vreți să le includeți şi pe ele.) Dacă viața de pe Pământ oferă vreo măsură a vieții din altă parte a universului, atunci inteligența trebuie să fie rară. După unele estimări, prin istoria vieții de pe planeta noastră s-au perindat peste 10 miliarde de specii. Rezultă că, în ce priveşte formele de viață extraterestre, ne putem aştepta ca una din 10 miliarde să fie la fel de inteligentă ca noi. După care trebuie să calculăm şansa ca această viață inteligentă să aibă o tehnologie avansată şi o dorință de a comunica prin vastul spațiu interstelar.

În cazul în care o astfel de civilizație există, undele radio ar trebui să fie banda de comunicații preferată, fiindcă aceste unde pot traversa galaxia fără să se împiedice de norii interstelari de gaz şi praf. Dar oamenii de pe Pământ au descifrat spectrul electromagnetic abia în ultimul secol.

În termeni mai deprimanţi, de-a lungul celei mai mari părţi a istoriei umanităţii, dacă extratereştrii ar fi încercat să le trimită pământenilor semnale radio, aceştia ar fi fost incapabili să le recepţioneze. Date fiind cunoştinţele noastre, dacă extratereştrii au făcut deja asta, probabil că au tras concluzia că pe Pământ nu există viaţă inteligentă. Probabil că acum caută în altă parte. O posibilitate mai umilitoare ar fi aceea ca extratereştrii să fi aflat de specia foarte dezvoltată tehnologic care stăpâneşte acum Pământul şi să fi tras totuşi aceeaşi concluzie.

Prejudecata noastră despre viaţa de pe Pământ, inteligentă sau nu, ne cere să considerăm că existenţa apei în formă lichidă este o condiţie esenţială a vieţii din alte părţi. Aşa cum am mai discutat deja, orbita unei planete trebuie să nu se afle prea aproape de steaua-mamă, altfel temperatura e prea mare şi apa se evaporă. Dar nu trebuie să fie nici prea aproape, altfel temperatura e prea mică şi apa îngheaţă. Cu alte cuvinte, condiţiile de pe planetă trebuie să permită apei să rămână lichidă într-un interval de 100 de grade Celsius. La fel ca în povestea cu *Bucle Aurii şi cei trei ursuleţi*, temperatura trebuie să fie tocmai bună. Recent am dat un interviu la radio pe această temă, iar gazda emisiunii a comentat: „Clar, trebuie să căutăm o planetă făcută din terci!”

Distanţa faţă de steaua-mamă este un factor important pentru existenţa vieţii, dar mai există şi alţii, de pildă capacitatea planetei de a capta radiaţia stelară. Venus este un exemplu de manual al acestui fenomen „de seră”. Lumina vizibilă care reuşeşte să treacă prin atmosfera densă de dioxid de carbon este absorbită de suprafaţa planetei şi apoi re-radiată în partea infraroşie a spectrului. Aceste emisii rămân captive în atmosferă. Consecinţa neplăcută este o temperatură a aerului de aproximativ 500 de grade Celsius, mult mai fierbinte decât ar indica distanţa planetei

față de Soare. La această temperatură, plumbul se lichefiază imediat.

Descoperirea în alte părți din univers a unor forme de viață mai simple, neinteligente (sau a dovezilor existenței lor în trecut), este mult mai probabilă şi, după mine, nu cu puțin mai tulburătoare decât descoperirea vieții inteligente. Două locuri potrivite în care ar trebui să ne uităm sunt albiile secate de pe Marte, unde s-ar putea să existe dovezi fosile ale existenței vieții în trecut, şi oceanele despre care presupunem că există sub straturile de gheață de la suprafața uneia dintre lunile lui Jupiter, Europa. Din nou avem nişte ținte oferite de promisiunea apei lichide.

Alte cerințe invocate în mod obişnuit pentru evoluția vieții în univers presupun o orbită stabilă şi aproape circulară a planetei în jurul unei singure stele. În sistemele cu stele binare sau multiple, care reprezintă aproximativ jumătate dintre toate „stelele" galaxiei, orbitele planetelor tind să aibă o elongație foarte mare şi să fie haotice, ceea ce implică alternanțe între temperaturi extreme care ar submina evoluția unor forme de viață stabile. Mai este nevoie şi de suficient timp pentru ca evoluția să-şi urmeze cursul. Stelele cu masă mare au o durată de viață redusă (câteva milioane de ani), ceea ce înseamnă că viața unei planete asemănătoare Pământului pe o orbită din jurul unei astfel de stele nu ar putea fi suficient de lungă ca să ajungă să evolueze.

Aşa cum am văzut deja, setul de condiții care favorizează viața este cuantificat vag de ceea ce numim „ecuația lui Drake", propusă de astronomul american Frank Drake. Această ecuație trebuie privită mai degrabă ca o idee fertilă decât ca un enunț riguros despre funcționarea universului fizic. Ea separă probabilitatea de a găsi viață în galaxie într-un set de probabilități mai simple care corespund ideilor noastre preconcepute despre condițiile

cosmice necesare pentru apariția vieții. În fond, după ce te-ai certat cu colegii pentru valoarea fiecărei probabilități din ecuație, rămâi cu o estimare a numărului total de civilizații inteligente şi tehnologizate din galaxie. În funcție de prejudecățile personale şi de cunoştințele de chimie, biologie, mecanică celestă şi astrofizică, s-ar putea ca estimarea să se întindă de la cel puțin o civilizație (noi, oamenii) până la milioane de civilizații existente în Calea Lactee.

Dacă luăm în calcul posibilitatea ca noi să fim primitivi în clasamentul competențelor tehnologice ale formelor de viață din univers – oricât de rare ar fi aceste forme –, atunci cel mai bun lucru ar fi să fim atenți la semnalele trimise de alții, pentru că este mult mai scump să le emiți decât să le recepționezi. Se presupune că o civilizație avansată are acces discreționar la o sursă de energie, care poate fi o stea. Acestea ar fi civilizațiile pentru care este mai probabilă emiterea semnalelor decât primirea lor. Căutarea vieții extraterestre inteligente a luat multe forme. Cele mai avansate eforturi din zilele noastre folosesc un detector electronic ingenios care monitorizează – în ultima lui versiune – miliarde de canale radio, în căutarea unui semnal care să depăşească zgomotul de fond cosmic.

Descoperirea inteligenței extraterestre ar induce o schimbare – dacă şi când se va întâmpla – în modul în care ne percepem noi, oamenii, iar această schimbare nu poate fi anticipată. Singura mea speranță este aceea că celelalte civilizații nu fac exact ce facem şi noi, pentru că altfel toată lumea ar asculta şi nimeni nu ar recepționa nimic, concluzia tuturor fiind aceea că nu există alte forme de viață inteligentă în univers.

27. BALONUL NOSTRU RADIO

În prima scenă din filmul *Contact*, din 1997, o cameră virtuală execută o focalizare de trei minute de pe Pământ spre zone îndepărtate din univers. Pentru această călătorie trebuie să fii echipat cu receptoare care să-ți permită să decodezi semnalele radio şi TV care sunt emise de pe Pământ în spațiu. Inițial, tot ce auzi este un amestec cacofonic de muzică rock, ştiri şi zgomote statice, pentru că asculți zeci de posturi în acelaşi timp. Pe măsură ce te îndepărtezi în spațiu şi recepționezi semnalele emise departe, acestea devin mai puțin cacofonice şi tot mai vechi – o să conțină rapoarte despre evenimentele istorice din epoca modernă. Printre ele şi câteva frânturi de sunete care includ, în această ordine: dezastrul Challenger din ianuarie 1986, aselenizarea din 20 iulie 1969, faimosul discurs al lui Martin Luther King din 28 august 1963, cuvântarea inaugurală a preşedintelui Kennedy din 20 ianuarie 1961, discursul preşedintelui Roosevelt din 8 decembrie 1941, în care cerea intrarea în război, şi o cuvântare a lui Adolf Hitler din 1936 din Germania nazistă. În cele din urmă, contribuția umană la acest semnal dispare cu totul, lăsând în loc doar semnalul radio emis de cosmos.

Dureros! Dar această desfăşurare de borne istorice nu ar curge exact aşa. Dacă reuşim să violăm câteva dintre legile fizicii şi să călătorim suficient de repede pentru a depăşi undele radio, puține cuvinte ar fi inteligibile, pentru că le-am auzi rostite invers. Mai mult, am auzi celebrul discurs al lui King la trecerea pe lângă planeta Jupiter, ceea ce ar însemna că până acolo a călătorit semnalul respectiv. De fapt, discursul lui King a trecut pe lângă Jupiter la 39 de minute după ce a fost rostit.

Dacă nu luăm în seamă aceste fapte care ar face focalizarea imposibilă, prima scenă din *Contact* este poetică şi mişcătoare, fiindcă prezintă o urmă de neşters pe care a lăsat-o civilizația noastră în galaxia Calea Lactee. Acest

„balon radio”, aşa cum am ajuns să-l numim, porneşte dinspre Pământ şi se extinde cu viteza luminii în toate direcțiile, în timp ce în centru este realimentat constant cu semnale noi. Balonul nostru se extinde astăzi până la aproape 100 de ani-lumină în spațiu cu un prim front corespunzător primelor semnale radio artificiale create vreodată de pământeni. Astăzi în balon sunt incluse aproximativ o sută de stele, inclusiv Alpha Centauri (la 4,3 ani-lumină distanță), steaua cea mai apropiată de Soare, Sirius (la 10 ani-lumină distanță), steaua cea mai strălucitoare pe cerul nopții, precum şi toate stelele în jurul cărora am descoperit vreo planetă până astăzi.

Nu toate semnalele radio ies din atmosfera Pământului. Proprietățile plasmei din ionosferă, la înălțime de 80 de kilometri, permit reflexia undelor radio cu frecvență mai mică de 20 de megahertzi, ceea ce face posibilă anumite forme de comunicare radio – cum ar fi cea pe „unde scurte” – la distanțe de mii de kilometri dincolo de orizont. Toate undele cu frecvență medie sunt reflectate înapoi pe Pământ, lucru care explică numărul foarte mare de astfel de posturi.

Dacă am emite la o frecvență care nu corespunde celor reflectate de ionosfera Pământului – sau dacă Pământul nu ar fi avut ionosferă – semnalele radio ar putea fi reflectate doar de cei aflați în „raza vizuală”. Clădirile înalte oferă un avantaj semnificativ releelor aflate pe ele. Orizontul unei persoane de 1,75 metri înălțime este de numai 5 kilometri, în vreme ce orizontul lui King Kong de pe Empire State Building este de peste 80 de kilometri. Acolo a şi fost instalat un releu de transmisiuni, după turnarea filmului clasic din 1933. Un astfel de releu este capabil să emită semnal până la o distanță de peste 150 de kilometri.

Ionosfera nu reflectă semnalele radio cu modulație de frecvență şi nici pe cele de televiziune, care sunt şi ele un

subspectru al undelor radio. Acestea nu călătoresc pe Pământ dincolo de cel mai îndepărtat receptor din raza vizuală, ceea ce le permite oraşelor relativ apropiate să poată difuza programe comune de televiziune. Din acest motiv, emisiunile de televiziune şi radio locale nu pot fi la fel de influente ca acelea transmise prin modulaţie de amplitudine (unde medii), ceea ce ar putea explica preponderenţa talk-show-urilor politice la aceste posturi. Dar adevărata influenţă a undelor cu modulaţie de frecvenţă s-ar putea să nu fie terestră. Cea mai mare parte a semnalului se emite în mod intenţionat orizontal cu suprafaţa Pământului, dar o bună parte se emite în sus, aşa că trece de ionosferă şi călătoreşte în adâncul spaţiului. Pentru semnalul de acest tip nu există limite. Şi, spre deosebire de alte benzi din spectrul electromagnetic, undele radio penetrează fără probleme norii de gaz şi de praf din spaţiul interstelar, aşa că într-adevăr nu cunosc vreo graniţă de vreun fel.

Dacă adăugăm şi factorii care contribuie la forţa amprentei radio a Pământului, cum ar fi numărul total de staţii de emisie, distribuţia lor la suprafaţă, emisia de energie a fiecărei staţii şi lărgimea de bandă în care este emisă energia respectivă, observăm că televiziunea reprezintă cel mai puternic flux radio de semnale detectabile de pe Pământ. Anatomia unui semnal emis are două părţi, una subţire şi una largă. Partea subţire, de bandă îngustă, este semnalul video, prin care este distribuită mai bine de jumătate din energia totală. Cu o lărgime de numai 0,10 hertzi în frecvenţă, fixează locul staţiei pe scală şi existenţa însăşi a semnalului. Un semnal de bandă largă şi intensitate scăzută de 5 milioane de hertzi înconjoară semnalul principal la frecvenţe mai joase şi mai înalte, încărcat cu modulaţii care conţin toate informaţiile despre programul respectiv.

Aşa cum poate aţi ghicit, Statele Unite au cea mai importantă contribuţie naţională la profilul de televiziune al planetei. O civilizaţie extraterestră care ne-ar spiona ar detecta mai întâi aceste semnale puternice. Dacă ar fi interesată în continuare, ar detecta un efect Doppler periodic în aceste semnale (alternând între frecvenţe joase şi frecvenţe înalte), la fiecare 24 de ore. Atunci ar observa că semnalul devine mai puternic şi mai slab de-a lungul acestui interval. La început, extratereştrii ar putea trage concluzia că există o sursă de zgomot radio misterioasă, deşi naturală, care se roteşte, intrând şi ieşind din câmpul vizual. Însă dacă ar reuşi să decodeze modulaţiile din semnalul înconjurător de bandă largă, ar avea acces direct la elementele culturii noastre.

Undele electromagnetice, inclusiv cele de lumină vizibilă şi cele radio, nu au nevoie de un mediu prin care să călătorească. Se simt foarte bine în vidul cosmic. Aşa că am putea spune foarte bine că transmitem în întregul spaţiu atunci când vorbim despre undele care trec de ionosferă.

Pe măsură ce înaintează în spaţiu, semnalul devine tot mai slab, diluându-se din cauza volumului tot mai mare prin care călătoreşte. Până la urmă, semnalul este îngropat implacabil în zgomotul radio de fond al universului, generat de galaxii, de fundalul de microunde, de regiunile bogate în semnale radio din zonele în care se formează stele în Calea Lactee şi de razele cosmice. Aceşti factori, mai presus de orice altceva, limitează posibilitatea ca o civilizaţie îndepărtată să decodeze modul nostru de viaţă.

La forţa actuală de emisie a Pământului, extratereştrii aflaţi la o sută de ani-lumină ar avea nevoie pentru detectarea unui semnal de televiziune de un receptor de cincisprezece ori mai mare decât zona de contact a telescopului de la Arecibo (al doilea ca mărime din lume, cu un diametru de 305 de metri). Dacă vor să decodeze

informația din semnalul nostru – şi deci din cultura noastră – trebuie să compenseze efectul Doppler provocat de mişcarea de rotație a Pământului în jurul propriei axe şi de cea de revoluție în jurul Soarelui (care le-ar permite să urmărească doar anumite posturi TV) şi trebuie să ajungă la o capacitate de recepție de 10 000 de ori mai mare decât aceea care le-ar permite detectarea semnalului. În termenii unui telescop radio, ar fi nevoie de o antenă de patru sute de ori mai mare decât diametrul celei pe care o are telescopul Arecibo – aproximativ 122 de kilometri.

Dacă nişte extratereştri foarte avansați din punct de vedere tehnologic ne receptează într-adevăr semnalele (cu un telescop suficient de mare şi de sensibil) şi dacă reuşesc să decodeze modulațiile, cu siguranță antropologii lor vor fi năuciți. Primele emisiuni decodate ar trebui să fie cele pentru copii. Odată ce învață să asculte, o să descopere cum interacționează masculii şi femelele speciei umane din seriale ca *Honeymooners* sau *I Love Lucy*. Pe urmă ne-ar putea evalua inteligența urmărind episoade din *Gomer Pyle*, *The Beverly Hillbillies* şi, poate, *Hee Haw*. Dacă nu renunță în acest moment şi mai aşteaptă câțiva ani, extratereştrii vor învăța câte ceva despre noi din *All in the Family*, apoi de la George Jefferson, din *The Jeffersons*. După alți câțiva ani de studiu îşi vor îmbogăți cunoştințele cu *Seinfeld* şi, desigur, *The Simpsons*. (Vor fi scutiți de înțelepciunea din *Beavis şi Butthead*, fiindcă MTV se difuzează doar prin cablu.) Acestea sunt câteva dintre cele mai populare emisiuni şi sunt cunoscute de mai multe generații, deoarece sunt redifuzate.

Printre serialele de comedie o să-şi facă loc şi imaginile cu atrocitățile din războaie: Vietnam, Golful Persic şi alte puncte fierbinți de pe planetă. După cincizeci de ani de televiziune, extratereştrii n-o să poată trage altă concluzie decât aceea că majoritatea oamenilor sunt nişte idioți nevrotici, morți de foame şi afectați de tot felul de disfuncții.

În epoca televiziunii prin cablu, chiar şi semnalele difuzate în eter care trec dincolo de atmosferă pot fi livrate direct acasă prin această metodă. S-ar putea să vină o vreme în care televiziunea să nu mai fie un mediu de difuzare, iar extratereştrii dependenţi de televizor vor crede că am dispărut.

Cu bune şi cu rele, s-ar putea ca semnalele de televiziune să nu fie singurele detectate de extratereştri. De fiecare dată când comunicăm cu astronauţii sau cu sondele spaţiale, întregul semnal care nu ajunge la receptorul navei se pierde pentru totdeauna în spaţiu. Eficienţa comunicaţiilor de acest gen a fost îmbunătăţită de metodele moderne de comprimare a semnalului. În epoca digitală, vorbim despre biţi pe secundă. Dacă proiectăm un algoritm inteligent care comprimă semnalul de zece ori, putem comunica de zece ori mai eficient, cu condiţia ca persoana sau dispozitivul de la celălalt capăt al semnalului să ştie să-l decodeze. Exemple moderne de comprimare sunt fişierele de tip MP (audio), JPEG (imagine) şi MPEG (video) din calculatorul dumneavoastră, care vă permit să transferaţi rapid fişiere şi să eliberaţi spaţiu de stocare.

Singurul semnal radio care nu poate fi comprimat este cel care conţine informaţie complet aleatorie, ceea ce face să nu poată fi deosebit de zgomotul static. În aceeaşi ordine de idei, cu cât comprimăm mai mult semnalul, cu atât mai întâmplător pare pentru cineva care îl interceptează. De fapt, un semnal perfect comprimat nu poate fi deosebit de zgomotul static de altcineva în afară de persoana care are cunoştinţele şi resursele necesare pentru decodare. Ce înseamnă toate astea? Dacă o cultură este suficient de avansată şi de eficientă, semnalele transmise de ea (chiar şi fără influenţa transmisiunilor prin cablu) ar putea dispărea complet de pe autostrada cosmică a flecărelilor.

De la inventarea şi răspândirea becului electric, cultura umană a creat şi un balon de lumină vizibilă. Această amprentă a noastră din timpul nopții s-a modificat treptat de la incandescența tungstenului la neonul panourilor de afişaj şi apoi la sodiul din foarte răspânditele becuri cu vapori de sodiu folosite azi la iluminatul stradal. Dar în afară de lămpile de pe nave cu care semnalizăm în codul Morse, nu folosim lumina vizibilă pentru a transmite semnale, aşa că balonul nostru vizual nu prezintă niciun interes. De asemenea, este îngropat fără speranță în strălucirea Soarelui.

Decât să le prezentăm extratereştrilor jenantele noastre emisiuni TV, n-ar fi mai bine să transmitem un semnal ales de noi, care să demonstreze câte de inteligenți şi de iubitori de pace suntem? Acest lucru a fost făcut pentru prima oară cu ajutorul unor plăci aurite fixate pe marginile sondelor interplanetare fără echipaj uman Pioneer 10 şi 11 şi Voyager 1 şi 2. Pe fiecare placă sunt pictograme ce înfățişează informațiile de bază pentru localizarea noastră în Calea Lactee, iar plăcile de pe Voyager conțin şi informații audio despre amabilitatea speciei noastre. Aceste nave spațiale călătoresc prin spațiul interplanetar cu 80 000 de kilometri pe oră – o viteză mai mare decât cea necesară pentru ieşirea din sistemul solar –, destul de repede. Însă această viteză este ridicol de mică în comparație cu a luminii, aşa că vor ajunge la cele mai apropiate stele abia în vreo sută de mii de ani. Acesta ar fi balonul nostru de „călătorii spațiale”. Nu aşteptați prea curând veşti de departe.

O cale mai bună de comunicare este aceea de a trimite un semnal radio de înaltă intensitate spre un loc aglomerat din galaxie, cum ar fi un roi de stele. S-a întâmplat în 1976, când telescopul de la Arecibo a funcționat invers, ca transmițător, nu ca receptor, pentru a trimite în spațiu

primul semnal de unde radio emis special cu acest scop. Astăzi, mesajul se află la peste 40 de ani-lumină de Pământ, îndreptându-se în direcția spectaculosului roi de stele M13, din constelația Hercule. Mesajul conține în formă digitală câteva dintre informațiile care apar pe sondele Pioneer şi Voyager. Există, totuşi, două probleme: roiul globular este atât de bogat (are cel puțin o jumătate de milion de stele) şi de aglomerat, încât orbitele planetare tind să fie instabile, fiindcă ataşamentul gravitațional față de steaua centrală este pus la încercare ori de câte ori se apropie de centrul galaxiei. Mai mult, roiul are atât de puține elemente grele (din care sunt compuse planetele), încât cel mai probabil conține foarte puține planete. Aceste date ştiințifice nu erau prea bine cunoscute şi înțelese în momentul în care a fost emis semnalul.

În orice caz, semnalul nostru trimis „intenționat” (care constituie un con radio, nu un balon) se află la o distanță de 40 de ani-lumină şi, dacă o să fie interceptat, s-ar putea să îmbunătățească eventuala imagine pe care şi-au făcut-o extratereştrii despre noi urmărind emisiunile din balonul de semnale radio şi TV. Dar asta o să se întâmple numai dacă extratereştrii îşi vor da seama care dintre semnale conține informații mai apropiate de adevăr şi ce identitate cosmică merităm.

SECȚIUNEA V

CÂND UNIVERSUL SE FACE RĂU

TOATE MODALITĂȚILE PRIN CARE COSMOSUL VREA SĂ NE UCIDĂ

28. HAOS ÎN SISTEMUL SOLAR

Ştiința se deosebeşte de aproape toate celelalte întreprinderi umane prin capacitatea de a prevedea cu precizie evenimente viitoare. Ziarele oferă adesea date despre fazele viitoare ale lunii sau despre ora la care răsare Soarele a doua zi. Dar nu conțin de obicei „ştiri din viitor", cum ar fi prețurile de la Bursa din New York de lunea următoare sau prăbuşirea unui avion marțea care vine. Publicul înțelege intuitiv, chiar dacă nu explicit, că ştiința face predicții, dar s-ar putea să fie surprins să afle că ştiința poate prezice şi faptul că ceva nu poate fi prevăzut. Bunăoară, rețeta haosului. Sau evoluția viitoare a sistemului solar.

Fără îndoială, un sistem solar haotic l-ar fi necăjit pe astronomul german Johannes Kepler, căruia îi este atribuit în general meritul pentru elaborarea primelor legi predictibile ale fizicii, publicate în 1609 şi 1619. Folosind o formulă derivată empiric din pozițiile planetelor pe cer, a reuşit să prezică distanța medie dintre fiecare planetă şi Soare cunoscând doar durata anului de pe planeta respectivă. În lucrarea lui din 1687, *Philosophiae naturalis principia mathematica*, Isaac Newton a publicat legea atracției universale, care ne permite derivarea matematică a legilor lui Kepler fără a fi nevoie de alte cunoştințe.

În ciuda succesului imediat al noii sale legi, Isaac Newton era preocupat de faptul că într-o bună zi sistemul solar ar putea deveni dezordonat. În cartea a treia a ediției din 1730 a *Opticii*, Newton scria, cu spiritul de prevedere caracteristic:

> *Planetele se mişcă în acelaşi sens pe orbite concentrice, cu neregularități nesemnificative, iar această mişcare ar putea fi rezultatul acțiunilor reciproce pe care le au... una asupra alteia, acțiune care ar putea spori până în momentul în care sistemul o să vrea o reformă.* (p. 402)

Aşa cum vom detalia în Secţiunea următoare, Newton a presupus că din când în când Dumnezeu ar trebui să intre în acţiune şi să pună la punct anumite lucruri. Celebrul matematician şi analist al sistemelor dinamice francez Pierre-Simon Laplace avea o viziune asupra lumii diametral opusă. În tratatul lui de mecanică celestă publicat în cinci volume între 1799 şi 1825, se arăta convins că universul este stabil şi pe deplin previzibil. Mai apoi Laplace a scris în *Eseul filosofic despre probabilitate* (1814):

> *[Date fiind] toate forţele de care este animată natura... nimic nu este nesigur, iar viitorul şi trecutul se pot înfăţişa ochiului.* (1995, cap. II, p. 3)

Sistemul solar pare într-adevăr stabil dacă nu ai la dispoziţie decât hârtie şi creion. Dar în epoca supercalculatoarelor, când putem face în mod obişnuit câteva miliarde de calcule pe secundă, modelele sistemului solar pot fi studiate de-a lungul a milioane de ani. Ce obţinem din înţelegerea mai profundă a universului?

Haosul.

Haosul iese la iveală prin aplicarea legilor fizicii testate de noi în modele computerizate ale evoluţiei viitoare a sistemului solar. Dar îşi face apariţia şi în alte discipline, cum ar fi meteorologia sau ecologia, ca şi aproape în orice loc în care interacţionează sisteme complexe.

Pentru a înţelege haosul aşa cum se aplică el sistemului solar trebuie să recunoaştem mai întâi că diferenţa dintre poziţiile a două obiecte, pe care de obicei o numim „distanţă", este doar una dintre numeroasele diferenţe pe care le putem calcula. Două obiecte mai pot fi diferite şi în ceea ce priveşte energia, mărimea şi forma orbitei sau înclinaţia ei. Putem lărgi aşadar conceptul de distanţă pentru a include depărtarea dintre obiecte în funcţie şi de aceste variabile. De exemplu, două obiecte care sunt (pentru

moment) unul lângă altul în spațiu ar putea avea orbite cu forme foarte diferite. În funcție de modificarea valorii „distanței” măsurate de noi putem spune că cele două sunt foarte depărtate.

Un test obişnuit pentru haos porneşte de la două modele computerizate asemănătoare în toate privințele, cu excepția unui detaliu minor. În unul din două modele ale sistemului solar, i-am putea permite Pământului să fie întârziat uşor pe orbită în urma ciocnirii cu un meteorit mic. Acum putem pune următoarea întrebare: ce se întâmplă în timp cu „distanța” dintre aceste modele aproape identice? Poate rămâne stabilă, poate fluctua sau poate chiar să crească. Atunci când distanța dintre două modele creşte exponențial, cauza este sporirea în timp a diferențelor dintre ele, ceea ce afectează grav abilitatea noastră de a prezice viitorul. În unele cazuri, un obiect poate fi proiectat cu totul în afara sistemului solar.

Este semnul distinctiv al haosului.

Orice am face, în prezența haosului este *imposibil* să prezicem cu acurateţe viitorul îndepărtat din evoluția unui sistem. Îi suntem foarte datori pentru înțelegerea incipientă a instalării haosului lui Alexandr Mihailovici Liapunov (1857-1918), matematician şi inginer mecanic rus. Teza lui de doctorat din 1892, „Problema generală a stabilității mişcării” rămâne clasică şi în zilele noastre. (Apropo, Liapunov a avut o moarte violentă, ca urmare a haosului politic de după Revoluția din Rusia.)

Încă de pe vremea lui Newton, oamenii ştiau că se pot calcula traiectoriile exacte pe care le au două obiecte diferite pe o orbită reciprocă – de pildă traiectoriile stelelor binare – pentru orice moment din timp. Acolo nu există instabilitate. Dar pe măsură ce adăugăm în salonul de dans mai multe obiecte, orbitele devin mai complicate şi mai sensibile față de condițiile inițiale. În sistemul nostru solar avem Soarele,

cele opt planete ale lui, cei peste 70 de sateliți ai acestora, asteroizi şi comete. Pare deja destul de complicat, dar povestea nu se încheie aici. Orbitele sistemului solar sunt influențate şi de pierderile de materie ale Soarelui, provocate de fuziunea termonucleară din miez – patru milioane de tone pe secundă. Materia este convertită în energie, care porneşte de la suprafața Soarelui sub formă de lumină. Soarele mai pierde masă şi ca urmare a fluxului permanent de particule cu sarcină electrică pe care îl împrăştie sub forma vântului solar. Iar sistemul solar este supus şi perturbațiilor gravitaționale exercitate de stelele care trec, în orbita lor normală, pe lângă centrul galaxiei.

Pentru a înțelege cu ce se ocupă un specialist în dinamica sistemului solar, gândiți-vă la faptul că ecuațiile mişcării vă permit să calculați forța gravitațională netă asupra unui obiect în orice moment, pentru toate obiectele cunoscute din sistemul solar şi din afara lui. Odată ce cunoaşteți toate forțele de acest fel, le puneți în mişcare (pe calculator) în direcția în care ar trebui să acționeze. Dar în momentul următor forța fiecărui obiect din sistemul solar este diferită, pentru că toate obiectele s-au mişcat. Trebuie să recalculăm aşadar toate forțele şi să le introducem din nou. Acest exercițiu este continuu pe toată durata simulării, ceea ce în anumite cazuri implică trilioane de recalculări. Când faceți astfel de calcule – sau unele similare – comportamentul sistemului solar este haotic. De-a lungul unor intervale de vreo cinci milioane de ani pentru planetele interioare (Mercur, Venus, Pământ şi Marte) şi vreo 20 de milioane de ani pentru giganții gazoşi exteriori (Jupiter, Saturn, Uranus şi Neptun), „distanțele” extrem de mici din condițiile inițiale ajung la valori însemnate. Într-un model de o sută sau două de milioane de ani rămânem fără orice abilitate de a prezice traiectoriile planetelor.

Da, nu sună prea bine. Gândiți-vă la următorul exemplu: întârzierea Pământului în orbită provocată de lansarea unei singure sonde spațiale poate influența viitorul în așa fel încât peste 200 de milioane de ani poziția Pământului pe orbită în jurul Soarelui s-ar putea să fie diferită cu aproape 60 de grade. Pentru viitorul îndepărtat ignoranța privitoare la locul Pământului pe orbită este benignă. Dar tensiunea creşte atunci când ne dăm seama că asteroizii dintr-o familie de orbite ar putea migra haotic spre o altă familie de orbite. Dacă asteroizii pot migra, iar Pământul se poate afla într-un loc de pe orbită pe care nu-l putem prezice, e clar că avem o capacitate limitată de a calcula riscul unui impact viitor semnificativ cu un asteroid şi al catastrofei care ar urma.

Poate ar trebui să facem sondele pe care le lansăm din materiale mai uşoare? Sau să abandonăm programele spațiale? Sau să deplângem pierderea de masă solară? Ori poate să ne facem griji pentru miile de tone de praf meteoric pe care le acumulează Pământul în fiecare zi când trece prin molozul spațiului interplanetar? Poate că ar trebui să ne adunăm cu toții într-o parte a planetei şi să sărim în acelaşi timp? Niciuna dintre toate astea. Efectele pe termen lung ale unor astfel de variații minore se pierd în haosul aflat în desfăşurare. În anumite cazuri, ignoranța în privința haosului poate fi în avantajul nostru.

Un sceptic şi-ar putea face griji că lipsa de previzibilitate a unui sistem dinamic complex de-a lungul unor perioade lungi este supusă unor erori de calcul sau unor capricii ale procesorului sau ale programului. Dacă o astfel de suspiciune ar fi fost întemeiată, atunci şi un sistem cu două obiecte ar fi condus la haos în modelul computerizat. Asta nu se întâmplă. Iar dacă îl smulgem pe Uranus din modelul sistemului solar şi repetăm calcularea orbitelor pentru planetele gazoase gigante, nu rezultă niciun

haos. Un alt test este furnizat de simulările computerizate ale traiectoriei lui Pluto, care are o orbită cu excentricitate pronunțată şi înclinație stânjenitoare. De fapt, Pluto dă dovadă de un haos moderat, în care „distanțele" mici față de condițiile inițiale conduc la un set de traiectorii imprevizibil şi totuşi limitat. Mai important este faptul că cercetători diferiți, care au folosit calculatoare şi metode de calcul variate, au derivat intervale de timp similare pentru instalarea haosului în evoluția pe termen lung a sistemului solar.

În afară de dorința noastră egoistă de a evita dispariția există şi motive mai întemeiate pentru studierea comportamentului pe termen lung al sistemului solar. Cu un model evolutiv complet specialiştii în dinamică se pot întoarce în timp pentru a sonda istoria sistemului solar pe vremea când lista de planete s-ar putea să fi fost foarte diferită de cea de astăzi. De exemplu, se poate ca anumite planete care existau la naşterea sistemului solar (acum cinci miliarde de ani) să fi fost aruncate în afara lui. Se prea poate ca totul să fi început cu câteva zeci de planete, nu cu opt, dintre care cele mai multe au fost azvârlite în spațiul interstelar.

În ultimele patru secole, am ajuns de la absența totală a cunoştințelor despre mişcarea planetelor la acceptarea faptului că nu putem cunoaşte evoluția sistemului solar pe termen nelimitat – o victorie dulce-amăruie în încercarea noastră de înțelegere a universului.

29. CE NE AŞTEAPTĂ

Nu e nevoie să căutăm prea departe pentru a descoperi predicții înfricoşătoare cu privire la holocaustul global ce poate fi provocat de asteroizii ucigaşi. Şi asta e bine, pentru că majoritatea lucrurilor văzute, citite sau auzite de dumneavoastră sunt adevărate.

Şansele ca pe mormântul meu sau al dumneavoastră să fie inscripționat mesajul „ucis de un asteroid" sunt cam aceleaşi pe care le-am avea să scrie „decedat într-un accident de avion". Mai bine de douăzeci de oameni au fost ucişi de asteroizi în ultimii patru sute de ani, dar în accidente de avion au murit cu miile în istoria relativ scurtă a transportului aerian de pasageri. Atunci cum poate fi corectă această comparație statistică? Simplu. Impacturile înregistrate arată că, în 10 milioane de ani, când suma victimelor accidentelor aviatice se va ridica la un miliard de oameni (presupunând o rată de 100 de decese cauzate de prăbuşirea avioanelor în fiecare an), este foarte probabil ca Pământul să fie lovit de un asteroid cu suficientă energie pentru a omorî un miliard de oameni. Interpretarea este confuză deoarece, în timp ce avioanele care se prăbuşesc omoară oameni puțin câte puțin, asteroizii s-ar putea să nu facă nicio victimă vreme de milioane de ani. Însă atunci când un asteroid loveşte, poate omorî sute de milioane de oameni într-o clipă şi alte sute de milioane mai apoi, ca urmare a schimbărilor climatice provocate.

După formarea sistemului solar, rata combinată de impact a asteroizilor şi a cometelor este înspăimântător de ridicată. Teoriile formării planetelor şi modelele lor arată că gazele bogate chimic s-au condensat, formând molecule, apoi particule de praf, roci şi gheață. Ce a urmat a fost un poligon de tir. Coliziunile au reprezentat un mijloc prin care forțele chimice şi gravitaționale au legat la un loc obiecte mai mici în obiecte mai mari. Acele obiecte care, din întâmplare, s-au ales cu o masă ceva mai mare decât media

au avut şi o forţă gravitaţională mai consistentă, atrăgând şi mai mult obiectele mai mici din jur. Pe măsură ce acumularea a continuat, gravitaţia a transformat bulgării în sfere şi astfel au luat naştere planetele. Cele mai mari aveau suficientă forţă de atracţie pentru a-şi păstra un înveliş gazos. Toate au continuat să acumuleze materie, deşi au făcut-o într-un ritm semnificativ mai redus decât în perioada de formare.

Totuşi, miliarde (poate chiar trilioane) de comete rămân la marginea sistemului solar, unele având o orbită de o mie de ori mai mare decât a lui Pluto, şi toate pot primi impulsuri gravitaţionale de la stelele şi norii stelari care trec prin apropiere. Astfel de impulsuri le-ar putea proiecta spre Soare. Resturile sistemului solar includ şi comete cu durată de viaţă scurtă, dintre care cunoaştem câteva a căror orbită se intersectează cu a Pământului, precum şi mii de asteroizi care fac acelaşi lucru.

Termenul „acumulare” este mai plictisitor decât expresia „impact care ucide specii şi distruge ecosistemul”. Dar din punctul de vedere al istoriei, sistemului solar nu este diferit. Nu putem să fim în acelaşi timp fericiţi că trăim pe o planetă, că planeta este bogată chimic, că nu suntem dinozauri, rămânând indiferenţi faţă de riscul unei catastrofe de proporţii planetare. O parte din energia degajată de coliziunea unor asteroizi cu Pământul s-a pierdut în atmosfera noastră prin frecare şi prin explozia undelor de şoc. Spargerea zidului sonic este tot o explozie a unei unde de şoc, dar este produsă de obicei de un avion care depăşeşte (între unu şi trei ori) viteza sunetului. Cel mai mare dezastru pe care îl poate provoca este să zgâlţâie uşor vesela din bufet. Dar cu viteze de peste 70 000 de kilometri pe oră (de aproape şaizeci de ori viteza sunetului) undele de şoc provocate de o coliziune obişnuită dintre un asteroid şi Pământ pot fi devastatoare.

Dacă asteroidul sau cometa are o mărime suficientă pentru a supraviețui propriei unde de şoc, restul energiei ajunge la suprafața Pământului într-o explozie care topeşte solul şi formează un crater ce poate măsura de până la douăzeci de ori diametrul obiectului inițial. Dacă multe astfel de obiecte au lovit Pământul la scurt timp unul după altul, atunci suprafața planetei nu a avut timp să se răcească între o coliziune şi alta. Putem deduce după craterele mai proaspete de pe suprafața Lunii (cel mai apropiat vecin al nostru) că Pământul a trecut printr-o epocă de bombardamente intense în perioada din urmă cu 4,6 până la 4 miliarde de ani. Cele mai vechi fosile ale vieții pe Pământ datează de acum 3,8 miliarde de ani. Nu cu mult înainte, suprafața planetei era sterilizată fără încetare, aşa că formarea moleculelor complexe, şi deci a vieții, nu a fost posibilă. În ciuda veştilor rele, aşa au ajuns aici toate ingredientele esențiale.

Cât de mult a durat până la apariția vieții? Se spune adesea că 800 de milioane de ani (4,6 miliarde – 3,8 miliarde = 800 de milioane). Dar pentru a face dreptate chimiei organice trebuie să scădem şi timpul în care suprafața Pământului a fost prohibitiv de fierbinte. Rămân aşadar 200 de milioane de ani în care viața s-a dezvoltat din supa chimică bogată care, ca toate supele bune, conținea apă.

Da, o parte din apa pe care o beți în fiecare zi a ajuns pe Pământ şi datorită cometelor, acum mai bine patru miliarde de ani. Dar nu tot molozul spațial este format din rămăşițe de la începuturile sistemului solar. Pământul a fost lovit de cel puțin zece ori de roci respinse de Marte, şi de mult mai multe ori de roci respinse de Lună. Aceste aruncări apar atunci când obiectele care cad au atât de multă energie, încât rocile mai mici din zona impactului sunt proiectate cu suficientă viteză pentru a putea scăpa forței gravitaționale a planetei. Apoi îşi văd de afacerile lor

balistice pe o orbită în jurul Soarelui până când se ciocnesc de ceva. Cea mai celebră dintre rocile de pe Marte a fost descoperită în Antarctica în 1984, în regiunea Alan Hills. Cunoscut oficial după abrevierea ALH-84001, acest meteorit conținea dovezi ispititoare, şi totuşi circumstanțiale, că pe Planeta Roşie a existat viață simplă în urmă cu un miliard de ani. Pe Marte se găsesc nenumărate dovezi geologice ale existenței unor ape curgătoare, printre care albii ale unor râuri, delte şi văi secate. Cei mai recenți roboți trimişi pe Marte, Spirit şi Opportunity, au descoperit roci şi minerale care nu ar fi putut apărea decât în prezența acolo a apei pe o perioadă de timp mai îndelungată.

De vreme ce apa în stare lichidă este esențială pentru supraviețuirea vieții aşa cum o cunoaştem, posibilitatea vieții pe Marte nu forțează prea tare limitele credulității ştiințifice. Partea haioasă apare atunci când speculăm pe marginea ipotezei că viața a apărut mai întâi pe Marte, de unde a fost aruncată şi transformată în primele bacterii astronaute din sistemul solar, care au ajuns pe Pământ şi au evoluat. Există chiar şi un cuvânt pentru acest proces: „panspermie". Poate să suntem descendenți ai marțienilor.

Este mult mai probabil ca materia să călătorească de pe Marte pe Pământ decât invers. Pentru a scăpa de forța de atracție a Pământului este nevoie de o energie de două ori şi jumătate mai mare decât aceea necesară pentru a părăsi planeta Marte. În plus, atmosfera Pământului este de aproape o sută de ori mai densă. Rezistența aerului pe Pământ e formidabilă în comparație cu cea de pe Marte. În orice caz, bacteriile ar fi trebuit să fie teribil de rezistente pentru a supraviețui celor câteva milioane de ani de rătăcire interplanetară înainte de a ateriza pe Pământ. Din fericire, pe planeta noastră se găsesc apă şi substanțe chimice din belşug, aşa că nu mai este nevoie de teoria panspermiei

pentru a explica originea vieții, chiar dacă nu putem explica apariția ei.

În mod ironic, putem da vina pe coliziuni (şi chiar facem asta) pentru episoadele importante de extincție pe care ni le dezvăluie analiza fosilelor. Dar care sunt riscurile actuale pentru societate? Mai jos este un tabel care leagă rata medie a coliziunilor pe Pământ cu dimensiunea obiectului căzut şi cu energia echivalentă degajată, în milioane de tone de TNT. Pentru curioşi am inclus şi o coloană care compară energia impactului cu numărul de bombe atomice de genul celei aruncate de Statele Unite la Hiroshima în 1945. Aceste date sunt preluate dintr-un grafic realizat de David Morrison, de la NASA (1992).

O dată la...	Diametrul asteroidului (metri)	Energia de impact (megatone TNT)	Energia de impact (bombe atomice)
O lună	3	0,001	0,05
Un an	6	0,01	0,5
Un deceniu	15	0,2	10
Un secol	30	2	100
Un mileniu	100	50	2.500
10 000 de ani	200	1.000	50.000
1 000 000 de ani	2000	1.000.000	50.000.000
100 000 000 de ani	10.000	100.000.000	5 000 000 000

Tabelul este bazat pe analiza detaliată a istoricului craterelor de impact de pe Pământ, a craterelor neerodate de pe suprafața Lunii şi a numărului de orbite de asteroizi şi comete despre care ştim că intersectează orbita Pământului.

Energia unui impact celebru poate fi localizată în tabel. De exemplu, în 1908, în Siberia, lângă râul Tunguska, o explozie a pus la pământ mii de kilometri pătrați de copaci şi a incinerat 300 de kilometri pătrați în zona centrală. Se crede că obiectul căzut a fost un meteorit pietros de 60 de metri (cam 20 de etaje) care a explodat în aer, fără să lase astfel în urmă vreun crater. Tabelul prezice apariția unor astfel de coliziuni la fiecare două secole.

Craterul Chicxulub din Yucatan, Mexic, care are 200 de kilometri în diametru, este considerat cartea de vizită a unui asteroid de 10 kilometri. Energia de impact a fost de cinci miliarde de ori mai mare decât a bombelor atomice din cel de-al Doilea Război Mondial. Conform predicțiilor, s-ar părea că o astfel de coliziune apare o dată la 100 de milioane de ani. Craterul datează de acum 65 de milioane de ani şi de atunci nu a mai apărut vreunul de aceeaşi magnitudine. Cam în acelaşi timp au dispărut Tyrannosaurus rex şi prietenii lui, ceea ce a permis mamiferelor să evolueze până la ceva mai ambițios decât şoarecii de pădure.

Paleontologii şi geologii care încă mai neagă rolul impacturilor cosmice în dispariția unor specii pământene ar trebui să găsească o întrebuințare pentru depozitul de energie livrat din spațiu. Gama acestor energii are o variație astronomică. Într-o trecere în revistă a riscurilor de impact redactată pentru lucrarea *Riscuri ridicate de comete şi asteroizi* (Gehrels, 1994), David Morrison, de la Centrul de Cercetare Ames al NASA, Clark R. Chapman, de la Institutul de Ştiințe Planetare, şi Paul Slovic, de la Universitatea Oregon, au descris succint consecințele unui astfel de

depozit de energie pentru ecosistemul Pământului. Datele de mai jos sunt preluate din materialul lor.

Cele mai multe obiecte căzătoare cu o energie mai mică de 10 megatone explodează în atmosferă şi nu lasă nicio urmă de crater. Acele câteva care rămân întregi sunt din fier.

O lovitură din partea unui asteroid de fier cu o forță între 10 şi 100 de megatone va produce un crater, iar echivalentul lui din piatră se dezintegrează şi produce doar explozii. Un impact cu Pământul ar distruge o suprafață echivalentă cu cea a Washingtonului (aproximativ 180 de kilometri pătrați).

Coliziunile unor corpuri care au între 1 000 şi 10 000 de megatone energie produc şi ele cratere; cele care cad în ocean produc valuri semnificative. Un impact cu solul poate distruge o suprafață echivalentă cu a statului Delaware (aproximativ 2 500 de kilometri pătrați).

Căderea unui corp cu o energie de 100 000 până la 1 000 000 de megatone ar avea ca rezultat distrugerea completă a stratului de ozon. Căderea în ocean ar duce la formarea unor valuri care ar mătura întreaga emisferă a zonei de impact, iar căderea pe sol ar ridica suficient praf în stratosferă pentru a schimba climatul planetei şi a distruge toate culturile agricole. Suprafața de distrugere directă ar fi de mărimea Franței.

Căderea unui corp cu o energie de 10 000 000 până la 100 000 000 de megatone ar duce la schimbări climatice pe termen foarte lung, cu efecte globale, iar impactul cu solul ar distruge o suprafață echivalentă cu a Statelor Unite.

Căderea pe sol sau în apă a unui corp cu o energie de 100 000 000 până la 1 000 000 000 de megatone ar duce la dispariții ale speciilor similare celor de acum 65 de milioane de ani, când aproape 70% dintre speciile planetei au dispărut brusc.

Din fericire, avem posibilitatea de a cataloga toată populația de asteroizi care intersectează orbita Pământului şi sunt mai mari de un kilometru, adică au o dimensiune care ar putea provoca o catastrofă globală. Un sistem de avertisment şi apărare pentru protejarea speciei umane față de astfel de corpuri pare un țel realist şi a fost recomandat de un raport al NASA. Vă vine sau nu să credeți, încă se mai află în studiu la Congresul american. Din nefericire, obiectele mai mici de un kilometru nu reflectă suficientă lumină pentru a fi detectate şi urmărite în detaliu. Acestea ne pot lovi fără vreo atenționare prealabilă sau cu un avertisment care nu ne lasă răgazul să facem ceva. Partea bună a acestor veşti este că, deşi au destulă energie pentru a provoca o catastrofă la nivel local, incinerând o țară întreagă, aceste obiecte nu pun în pericol existența speciei.

Bineînțeles, Pământul nu este singura planetă stâncoasă cu risc de impact. Mercur are o față plină de cratere care, pentru un observator amator, seamănă cu a Lunii. Topografia recentă cu unde radio arată că suprafața lui Venus se prezintă cam la fel. Iar Marte are cratere uriaşe formate recent.

Cu o masă de trei sute de ori cât a Pământului şi un diametru de peste zece ori mai mare, Jupiter are o capacitate de a atrage obiecte nemaiîntâlnită la vreo altă planetă din sistemul solar. În 1994, în săptămâna în care sărbătoream împlinirea a 25 de ani de la aselenizarea lui Apollo 11, cometa Shoemaker Levy 9, spartă deja în peste douăzeci de bucăți în urma unei treceri pe lângă Jupiter, a intrat, bucată cu bucată, în atmosfera jupiteriană. Cicatricele gazoase au putut fi văzute de pe Pământ, cu un telescop obişnuit. Dat fiind că Jupiter se roteşte foarte repede (o dată la 10 ore), fiecare bucată de cometă a căzut în altă parte a atmosferei.

În cazul în care vă întrebați, fiecare bucată a lovit cu o energie echivalentă cu a impactului Chicxulub. Aşa că, orice s-ar putea spune despre această planetă, un lucru e sigur: Jupiter nu mai are dinozauri!

Fosilele de pe Pământ indică prezența a numeroase specii dispărute – forme de viață care au trăit mult mai mult decât *Homo sapiens*. Dinozaurii sunt şi ei pe această listă. Cum ne putem apăra în fața unor asemenea energii de impact? Cei care nu au niciun război nuclear de purtat strigă „Bombardați-le!". Într-adevăr, cel mai eficient pachet de energie distructivă conceput de oameni este forța nucleară. O lovitură directă trasă unui asteroid care se apropie l-ar face bucățele, transformându-l într-o ploaie meteorică spectaculoasă şi inofensivă. Atenție însă, în vidul spațial, unde nu există aer, nu pot fi nici unde de şoc, aşa că focoasa nucleară trebuie să lovească direct asteroidul pentru a-l afecta.

O altă metodă ar fi folosirea unei bombe cu neutroni (de genul celor care omoară oameni, dar lasă clădirile intacte), astfel încât o parte a asteroidului să ajungă la o temperatură suficient de mare pentru a scuipa material şi a face corpul periculos să devieze de la traiectoria de coliziune. O metodă mai puțin agresivă ar fi împingerea asteroidului de pe traiectorie cu ajutorul unor rachete ataşate de el. Dacă facem asta suficient de devreme, nu avem nevoie decât de un mic impuls, pentru care putem folosi combustibil convențional. Catalogând fiecare obiect de un kilometru (sau mai mult) a cărui orbită se intersectează cu orbita Pământului, un model computerizat detaliat poate prezice o catastrofă cu sute, chiar mii de ture orbitale mai devreme, ceea ce le oferă pământenilor suficient timp pentru a-şi pregăti apărarea. Dar lista de obiecte cu potențial ucigaş este îngrijorător de incompletă, iar haosul compromite serios

abilitatea noastră de a prezice comportamentul acestora de-a lungul a milioane sau miliarde de ture orbitale.

În acest joc al gravitației, cea mai înspăimântătoare specie de obiecte este de departe cometa cu perioadă lungă – prin convenție asta înseamnă mai mult de 200 de ani. Un sfert din riscul de impact al Pământului este legat de astfel de comete care vin din afara sistemului solar şi ating viteze de peste 150 000 de kilometri pe oră atunci când ajung la Pământ. Astfel, cometele cu perioadă lungă au mai multă energie de impact în raport cu masa decât asteroizii obişnuiți. Un amănunt şi mai important: sunt prea puțin strălucitoare de-a lungul celei mai mari părți din orbită, aşa că nu pot fi urmărite cum trebuie. Din momentul în care descoperim că o astfel de cometă se îndreaptă spre noi avem la dispoziție un interval de timp cuprins între câteva luni şi doi ani pentru a proiecta, construi şi lansa ceva care s-o intercepteze. De exemplu, în 1996 cometa Hyakutake a fost descoperită cu doar patru luni înainte de apropierea de Soare, fiindcă orbita ei are o înclinație foarte puternică în raport cu planul sistemului nostru solar, mişcându-se exact acolo unde nu s-a uitat nimeni. În drumul ei, s-a apropiat la 15 milioane de kilometri de Pământ (destul de aproape) şi a oferit un spectacol nocturn deosebit.

Şi câteva date calendaristice: vineri, 13 aprilie 2029, un asteroid cât un stadion va zbura atât de aproape de Pământ, încât va ajunge sub altitudinea sateliților de comunicații. Nu l-am numit Bambi, ci Apophis, după zeul egiptean al întunericului şi al morții. Dacă în traiectoria lui de apropiere Apophis depăşeşte nivelul îngust de altitudine numit „gaura cheii”, influența lui asupra gravitației Pământului ne garantează că şapte ani mai târziu, în 2036, la următoarea trecere, asteroidul o să lovească Pământul direct, aterizând în Oceanul Pacific, între California şi Hawaii. Tsunamiul creat o să mături întreaga coastă vestică a Americii, o să

îngroape insulele havaiene şi o să devasteze toate suprafețele de uscat din marginile oceanului. Bineînțeles, dacă în 2029 Apophis ratează gaura, nu avem de ce să ne facem griji pentru 2036.

Ar trebui oare să construim rachete performante care să aştepte liniştite misiuni pentru apărarea omenirii? Mai întâi avem nevoie de un inventar detaliat al obiectelor care prezintă riscuri pentru Pământ. Numărul celor angajați într-o astfel de cercetare este de numai câteva zeci. Apoi, pe ce perioadă vrem să protejăm Pământul? Dacă într-o zi oamenii vor dispărea în urma unei coliziuni catastrofice, nu ar exista tragedie mai mare în istoria vieții din univers. Nu pentru că n-am avut forța cerebrală de a ne pregăti apărarea, ci pentru că ne-a lipsit capacitatea de prevedere. Speciile dominante care o să ne înlocuiască pe Pământul postapocaliptic s-ar putea întreba, zgâindu-se la scheletele din muzeele lor de istorie naturală, de ce marele *Homo sapiens* nu s-a descurcat mai bine decât dinozaurii a căror prostie era proverbială.

30. SFÂRŞITURI ALE LUMII

Câteodată aveți impresia că toată lumea încearcă să vă spună când şi cum se va sfârşi lumea. Unele scenarii sunt mai familiare decât altele. Cele discutate pe larg în mass-media includ infecții epidemice, războaie nucleare, coliziuni cu asteroizi sau comete ori vreo catastrofă de mediu. Deşi diferite unul de altul, toate aceste scenarii pot duce la dispariția speciei noastre (şi poate şi a altora) de pe Pământ. Sloganul „Salvați Pământul" conține chemarea implicită de a salva viața de pe planetă, nu planeta însăşi. Cert este că oamenii nu pot ucide cu adevărat Pământul. Planeta noastră o să rămână pe orbită în jurul Soarelui, împreună cu frații şi surorile ei, mult după ce *Homo sapiens* va dispărea, indiferent din ce cauză.

Se vorbeşte prea puțin despre sfârşituri ale lumii care pun în pericol orbita stabilă a planetei noastre liniştite în jurul Soarelui. Emit aici aceste pronosticuri nu pentru că oamenii ar putea trăi suficient pentru a le observa, ci pentru că instrumentele astrofizicii îmi permit să le calculez. Primele trei care îmi vin în minte sunt moartea Soarelui, coliziunea iminentă între galaxiile Calea Lactee şi Andromeda şi moartea universului, asupra căreia comunitatea astrofizicienilor a ajuns de curând la un consens.

Modelele computerizate ale evoluției stelare sunt înrudite cu tabelele statistice ale companiilor de asigurări. Ele indică o sănătoasă speranță de viață de zece miliarde de ani pentru Soare. Cu o vârstă estimată de cinci miliarde de ani, Soarele o să se bucure de alte cinci miliarde de ani de emisie energetică relativ stabilă. Până atunci, dacă nu găsim o cale de a părăsi Pământul, vom fi martori la epuizarea combustibilului stelei noastre. O să asistăm la un episod extraordinar, dar fatal, din viața unei stele.

Soarele îşi datorează stabilitatea fuziunii controlate a hidrogenului în heliu în miezul lui de 15 milioane de grade.

Gravitația care vrea să producă o implozie a stelei este echilibrată de presiunea gazului susținută de fuziune. În timp ce peste 90% dintre atomii solari sunt hidrogen, cei care contează cu adevărat se află în miezul Soarelui. Când miezul epuizează hidrogenul nu mai rămâne decât o minge de atomi de heliu, care necesită o temperatură şi mai mare decât hidrogenul pentru a fuziona în elemente mai grele. Cu motorul central temporar oprit, Soarele se dezechilibrează. Gravitația învinge, regiunea interioară intră în colaps şi temperatura creşte la 100 de milioane de grade, declanşând fuziunea heliului în carbon.

Între timp, luminozitatea Soarelui creşte astronomic, ceea ce forțează straturile exterioare să ia proporții, înghițind orbitele lui Mercur şi Venus. În cele din urmă, Soarele se va umfla ocupând tot cerul şi acaparând şi orbita Pământului. Temperatura de la suprafața planetei noastre va ajunge la cele 3 000 de grade din straturile exterioare ale Soarelui aflat în expansiune. Oceanele vor fierbe şi o se vor evapora cu totul în spațiul interplanetar. Între timp, atmosfera noastră încinsă se va evapora şi ea, iar Pământul va gravita în straturile solare gazoase exterioare, ca un tăciune încins. Aceste straturi vor frâna mişcarea Pământului, trimițându-l în spirală către miezul solar. Pe măsură ce planeta se va apropia tot mai mult de miez, temperatura tot mai mare va vaporiza pur şi simplu orice urmă de Pământ. La scurtă vreme, Soarele va înceta fuziunea nucleară şi-şi va pierde învelişul gazos care conține şi atomii împrăştiați ai Pământului, expunându-şi miezul mort.

Dar nu vă faceți griji. Cu siguranță vom dispărea dintr-un alt motiv, cu mult înainte ca acest scenariu să devină realitate.

Nu la prea multă vreme după ce Soarele va înghiți Pământul, Calea Lactee va avea şi ea probleme. Dintre sutele de mii de galaxii a căror viteză relativă față de Calea Lactee a fost măsurată, doar câteva se deplasează spre noi. Restul se îndepărtează cu o viteză direct proporțională cu distanța la care se află. Descoperită în anii 1920 de Edwin Hubble – al cărui nume este purtat de Telescopul Spațial Hubble –, îndepărtarea generală a galaxiilor este amprenta notabilă a expansiunii universului. Calea Lactee şi Andromeda, o galaxie cu câteva sute de miliarde de stele – se află suficient de aproape una de alta pentru ca expansiunea universului să nu aibă cine ştie ce efect asupra lor. Cele două galaxii se îndreaptă una spre alta cu aproximativ 100 de kilometri pe secundă (360 000 de kilometri pe oră). Dacă deplasarea laterală (necunoscută) este minimă, la această viteză, distanța de 2,4 milioane ani-lumină care ne separă va dispărea în aproximativ şapte miliarde de ani.

Spațiul interstelar este atât de vast şi de gol, încât nu trebuie să ne facem griji că vreo stea din galaxia Andromeda s-ar putea ciocni de Soare. Cel mai probabil, la întâlnirea dintre cele două galaxii – un spectacol fabulos dacă e privit de la distanță – stelele vor trece una pe lângă alta. Dar evenimentul nu este lipsit de griji. O parte dintre stelele din Andromeda s-ar putea abate suficient de aproape de sistemul nostru solar pentru a influența orbitele planetelor şi a sutelor de miliarde de comete care se găsesc la marginea sistemului solar. De exemplu, o trecere prin apropiere a unei stele poate pune la încercare devotamentul gravitațional. Simulările computerizate arată că planetele pot fi sechestrate de vizitatoare sau pot fi detaşate de Soare şi aruncate în alte zone din spațiul interplanetar.

Vă amintiți cât de pretențioasă era Bucle Aurii cu terciul celorlalți, în Partea a patra? Dacă Pământul e

capturat de gravitația altei stele, nu există nicio garanție că noua orbită o să se afle la distanța tocmai bună pentru a păstra apa în stare lichidă la suprafața planetei – o condiție pe care o considerăm obligatorie pentru menținerea vieții aşa cum o cunoaştem. Dacă orbita va fi prea apropiată de stea, rezerva de apă se evaporă. Dacă va fi prea îndepărtată, îngheață.

Dacă, prin vreun miracol al tehnologiei viitoare, locuitorii Pământului reuşesc să prelungească viața Soarelui, aceste eforturi se vor dovedi inutile dacă Pământul va fi aruncat în adâncurile reci ale spațiului. Absența unei surse apropiate de energie va duce la scăderea temperaturii de suprafață până la multe zeci de grade Celsius sub zero. Atmosfera noastră prețioasă de azot, oxigen şi alte gaze se va lichefia şi va cădea pe suprafața planetei, formând în jurul Pământului o crustă solidă, cum e glazura de pe o prăjitură. Noi am fi deja congelați cu mult înainte de a avea ocazia să suferim de foame. Ultimele forme de viață vor rămâne acele organisme privilegiate care au evoluat independent de energia Soarelui. Ele vor supraviețui lângă sursele (câte vor mai fi disponibile la acel moment) de energie geotermală şi geochimică, în subsolul planetei, prin crăpăturile şi fisurile scoarței. Oamenii nu se vor afla printre ele.

O cale de a evita această soartă este aceea de a porni motoarele cu superpropulsie şi, asemenea crabului eremit şi melcilor, să ne căutăm o altă planetă din galaxie căreia să-i spunem „acasă”.

Cu sau fără motoarele cu superpropulsie, soarta pe termen lung a cosmosului nu poate fi amânată sau evitată. Oriunde v-ați ascunde, vă veți afla într-un univers care se îndreaptă implacabil spre sfârşit. Ultima şi cea mai grăitoare dovadă privitoare la densitatea materială şi energetică a

spațiului şi la ritmul de expansiune al universului sugerează că suntem porniți într-o călătorie fără întoarcere: gravitația cumulată a tuturor lucrurilor din univers nu este suficientă pentru a opri şi a face reversibilă expansiunea cosmică.

Cea mai reuşită descriere a universului şi a originii lui combină Big Bangul cu conceptul modern al gravitației derivat din teoria generală a relativității. Aşa cum o să vedem în Secțiunea a şaptea, universul timpuriu era un curent de o mie de miliarde de grade de materie şi energie. De-a lungul celor 14 miliarde de ani de expansiune care au urmat, temperatura de fond a universului a scăzut la numai 2,7 grade pe scara absolută de temperaturi (Kelvin). Pe măsură ce universul se va extinde, temperatura se va apropia de zero.

O temperatură de fond atât de scăzută nu ne afectează direct, pentru că Soarele nostru ne oferă (în mod normal) o viață plăcută. Dar, cu fiecare generație de stele care se nasc în norii gazoşi interstelari, rămâne tot mai puțin gaz pentru următoarea generație. Această materie prețioasă se va epuiza, aşa cum s-a întâmplat deja în aproape jumătate din galaxiile universului. Cele câteva stele cu masă foarte mare vor intra în colaps definitiv pentru a nu mai fi văzute niciodată. O parte dintre stele vor sfârşi scuipându-şi ingredientele prin galaxie într-o explozie-supernovă. Acest gaz returnat poate fi folosit de următoarea generație. Dar majoritatea stelelor – inclusiv Soarele – îşi vor epuiza combustibilul din miez şi, după faza de umflare masivă, se vor reduce la o minge compactă de materie care radiază slab căldura rămasă în universul înghețat.

Lista scurtă de cadavre s-ar putea să vi se pară familiară: găuri negre, stele neutronice (pulsari) şi pitice albe. Acestea sunt fundăturile evoluției stelelor. Numitorul lor comun este capturarea pentru eternitate a materialelor de construcție cosmică. Cu alte cuvinte, dacă stelele ard şi

nu se formează altele care să le înlocuiască, în cele din urmă universul n-o să mai conțină nicio stea vie.

Dar Pământul? Ne bazăm pe Soare pentru infuzia zilnică de energie care susține viața. Dacă rămânem fără energia Soarelui şi a celorlalte stele, procesele mecanice şi chimice (inclusiv viața) de pe Pământ o să înceapă să se „relaxeze". În cele din urmă, energia tuturor mişcărilor se pierde prin frecare şi sistemul ajunge la o temperatură uniformă. Sub cerul fără stele, Pământul va rămâne gol pe fundalul înghețat al universului tot mai extins. Temperatura va scădea, la fel cum se răceşte o plăcintă scoasă din cuptor şi pusă pe pervaz. Şi totuşi, aceasta nu este doar soarta Pământului. Peste mii de miliarde de ani, când toate stelele vor fi dispărut şi fiecare proces din fiecare colțişor al universului în expansiune va fi încetinit, toate părțile cosmosului se vor răci până la o temperatură de fond tot mai scăzută. În acel moment, călătoria în spațiu n-o să mai poată asigura un refugiu, pentru că iadul însuşi o să înghețe.

Va fi momentul în care o să putem declara că universul a murit nu cu o explozie, ci cu un suspin.

31. MOTOARE GALACTICE

Galaxiile sunt ceva extraordinar, în toate privințele. Reprezintă forma principală de organizare a materiei vizibile din univers. Spațiul cosmic conține cam o sută de miliarde de astfel de obiecte. Fiecare, la rândul său, conține sute de miliarde de stele. Galaxiile pot fi spiralate, eliptice sau de formă neregulată. Cele mai multe sunt fotogenice. Multe plutesc prin spațiu singure, în vreme ce altele se rotesc împerecheate gravitațional în cupluri, familii, roiuri şi super-roiuri.

Diversitatea morfologică a galaxiilor a provocat tot felul de scheme de clasificare, oferindu-le astrofizicienilor un vocabular special. O varietate, galaxia „activă", emite din centrul ei o cantitate neobişnuită de energie în una sau mai multe benzi de lumină. Centrul este locul în care se găseşte motorul galactic. Este zona în care se află o gaură neagră supermasivă.

Galeria de galaxii active arată ca o listă de efecte pentru carnaval: galaxii cu activitate intensă de formare a stelelor, BL Lacertae, Seyfer (tipurile I şi II), blazari, galaxii N, galaxii LINER, infraroşii, radio şi, desigur, familia regală a galaxiilor active – quasarii. Luminozitățile extraordinare ale galaxiilor din această elită derivă din activitatea misterioasă dintr-o regiune aflată în adâncul nucleului.

Descoperiți la începutul anilor 1960, quasarii sunt cea mai exotică formă cu putință a unei galaxii. Unii dintre ei sunt de o mie de ori mai luminoşi decât Calea Lactee, şi totuşi energia lor provine dintr-o regiune care ar încăpea confortabil printre orbitele planetare din sistemul nostru solar. În mod curios, niciunul nu se află în apropiere de noi. Cel mai apropiat se află la 1,5 miliarde de ani-lumină. Ca să ajungă la noi, lumina lui călătoreşte 1,5 miliarde de ani. Cei mai mulți strălucesc însă la 10 miliarde de ani-lumină distanță de locul în care ne aflăm. Date fiind dimensiunile reduse şi distanțele foarte mari, în fotografii se disting cu

greu de imaginile ca nişte puncte ale stelelor din galaxia noastră, ceea ce face ca telescoapele cu lumină vizibilă să fie inutile pentru cercetarea lor. De fapt, primii quasari au fost descoperiți cu telescoape radio. De vreme ce stelele nu emit cantități serioase de unde radio, aceste obiecte strălucitoare în banda radio reprezentau o nouă clasă de obiecte necunoscute care imitau o stea. În buna tradiție a astrofizicienilor – „îi spunem aşa cum îi vedem" –, au fost numite „surse radio cvasi-stelare" sau, mai intim, „quasari".

Dar ce fel de creaturi mai sunt şi astea?

Abilitatea de a descrie şi înțelege un fenomen nou este limitată întotdeauna de conținutul trusei cu instrumente ştiințifice şi tehnologice principale. O persoană din secolul al XVIII-lea care ar ajunge fără să vrea pentru scurt timp în secolul XX ar descrie la întoarcere un automobil ca pe o trăsură fără cal, iar becul ca pe o lumânare fără flacără. Neştiind nimic despre motoarele cu combustie internă sau despre electricitate, nu ar avea cum să înțeleagă pe deplin astfel de obiecte. Cu asta în minte, permiteți-mi să declar că doar ni se pare că înțelegem principiile de bază care animă un quasar. În ceea ce numim „modelul standard", o gaură neagră este considerată motorul unui quasar, ca şi al tuturor galaxiilor active. În limitele de spațiu şi timp ale unei găuri negre – orizontul ei de evenimente – concentrația de materie este atât de mare, încât viteza de care ar avea nevoie materia ca să scape de acolo o depăşeşte pe cea a luminii. De vreme ce viteza luminii este limita universală, atunci când un obiect cade într-o gaură neagră este definitiv căzut, chiar dacă e făcut din lumină.

Probabil că vă întrebați cum poate ceva care nu emite niciun fel de lumină să reprezinte motorul unui obiect care emite mai multă lumină decât orice altceva din univers. La sfârşitul anilor 1960 şi în anii 1970, astrofizicienii au

descoperit că proprietățile exotice ale găurilor negre constituie anexe remarcabile ale trusei teoreticienilor. Conform unor legi bine cunoscute ale fizicii gravitaționale, pe măsură ce se scurge către o gaură neagră, materia gazoasă se încinge şi radiază extravagant înainte de a coborî în orizontul de evenimente. Energia provine din conversia foarte eficientă a energiei gravitaționale potențiale în căldură.

Deşi nu este chiar un concept casnic, vedem cu toții uneori în existența noastră terestră energie gravitațională potențială convertită. Dacă ați scăpat vreodată o farfurie pe podea şi s-a spart sau dacă v-a scăpat ceva pe fereastră şi s-a făcut fărâme jos, atunci înțelegeți forța energiei gravitaționale potențiale. Este pur şi simplu energia neutilizată furnizată de distanța dintre obiect şi locul în care poate ajunge atunci când cade. Când se prăbuşesc, obiectele prind viteză. Dar dacă ceva opreşte căderea, toată energia câştigată de obiect este convertită într-o energie care îl sparge sau îl împrăştie în bucăți. Acesta este motivul real pentru care e mai probabil ca un om să moară dacă sare de pe o clădire înaltă decât dacă sare de pe una joasă.

Dacă ceva împiedică obiectul să prindă viteză, dar obiectul continuă să cadă, atunci energia potențială convertită iese cumva la iveală – de obicei sub formă de căldură. Exemple bune în acest sens sunt vehiculele spațiale şi meteoriții care se încing în timp ce cad prin atmosfera Pământului: vor să accelereze, dar rezistența aerului împiedică acest lucru. Într-un experiment celebru din secolul al XIX-lea, fizicianul englez James Joule a creat un dispozitiv care agita apa dintr-un borcan cu ajutorul unor zbaturi acționate de greutăți aflate în cădere. Energia potențială a greutăților era transferată în apă, reuşind să-i ridice temperatura. Joule şi-a descris efortul în felul următor:

Zbaturile întâmpinau o mare rezistență în recipientul cu apă, aşa că greutățile (fiecare de câte două kilograme) coborau încet, cu aproximativ 30 de centimetri pe secundă. Scripeții se aflau la o înălțime de 11 metri, aşa că, atunci când o greutate cădea până la capăt, trebuia să fie ridicată din nou pentru a putea pune iarăşi zbaturile în mişcare. După repetarea operațiunii de şaisprezece ori, creşterea temperaturii apei a fost certificată cu ajutorul unui termometru foarte sensibil şi exact... Aş putea aşadar să trag concluzia că am demonstrat existența unei relații de echivalență între căldură şi formele obişnuite de mişcare mecanică. Dacă ideile mele sunt corecte, la Niagara temperatura apei creşte cu aproximativ o cincime de grad după căderea de aproape 50 de metri. (Shamos 1959, p. 170)

Experimentul lui Joule se referă, desigur, la marea cascadă Niagara. Dacă ar fi ştiut de găurile negre, ar fi putut spune aşa: „Dacă ideile mele sunt corecte, temperatura gazului care se scurge într-o gaură neagră creşte cu un milion de grade în căderea de aproximativ un miliard şi jumătate de kilometri".

Aşa cum probabil bănuiți, găurile negre se bucură de un apetit enorm când vine vorba de stelele care trec prin apropierea lor. Un paradox al motoarelor galactice este acela că, pentru a radia, găurile negre trebuie să mănânce. Secretul alimentării motorului galactic stă în abilitatea găurii negre de a destrăma fără milă stelele înainte ca acestea să intre în orizontul de evenimente. Forțele gravitaționale ale găurii negre alungesc stelele sferice în acelaşi fel în care Luna afectează oceanele Pământului, creând mişcările mareice. Gazul care până atunci a făcut parte din stele (şi uneori chiar şi nori gazoşi obişnuiți) nu poate să prindă viteză pur şi simplu şi să cadă în gaură,

fiind împiedicat de gazul stelelor sfâşiate înainte, care blochează căderea liberă. Rezultatul? Energia gravitațională potențială a unei stele este convertită în căldură şi radiație. Cu cât este mai mare gravitația țintei, cu atât mai multă energie gravitațională potențială poate converti.

Pus în fața creşterii rapide a numărului de cuvinte necesare pentru a descrie galaxiile excentrice, Gerard de Vaucouleurs (1983), un foarte abil morfolog, s-a grăbit să avertizeze comunitatea astronomilor că o maşină care fost făcută praf nu devine dintr-odată o maşină de alt tip. Această filosofie pornită de la epavele maşinilor a condus la un model standard al galaxiilor active, care, în mare, unifică lista galaxiilor. Modelul este înzestrat cu suficiente părți ajustabile pentru a putea explica majoritatea trăsăturilor de bază observate. De exemplu, vârtejul de gaz care se scurge formează adesea un disc rotitor opac înainte de a coborî în orizontul de evenimente. Dacă fluxul de radiație nu poate pătrunde prin discul de gaz condensat, radiația de deasupra şi de dedesubtul discului formează jeturi uriaşe de materie şi de energie. Proprietățile observate ale galaxiei sunt diferite dacă jetul acesteia este orientat perpendicular spre privitor ori în lateral sau dacă materialele proiectate se mişcă încet sau la viteze apropiate de a luminii. Grosimea şi compoziția chimică a discului influențează şi ele felul în care arată şi ritmul în care sunt consumate stelele.

Gaura neagră a unui quasar sănătos trebuie să mănânce până la zece stele în fiecare an. Galaxiile mai puțin active din grădina noastră devorează într-un an mult mai puține stele. Luminozitatea majorității quasarilor variază de la o zi la alta sau chiar de la o oră la alta. Dați-mi voie să vă impresionez cu câteva date extraordinare. Dacă partea activă a unui quasar ar avea dimensiunile Căii Lactee (un diametru de 100 000 de ani-lumină) şi s-ar decide să devină dintr-odată în întregime strălucitoare, noi am afla mai întâi

despre asta de la acea parte a galaxiei care ne este mai apropiată, şi abia mai târziu, după alți 100 000 de ani, ar ajunge la noi lumina din partea mai îndepărtată. Cu alte cuvinte, ar fi nevoie de 100 000 de ani pentru observarea întregii străluciri a quasarului. Faptul că un quasar îşi schimbă luminozitatea în înterval de câteva ore înseamnă că dimensiunea motorului nu poate depăşi câteva ore-lumină. Cât de mult înseamnă asta? O dimensiune aproximativ egală cu a sistemului nostru solar.

După o analiză atentă a fluctuațiilor de lumină în toate benzile, se poate deduce din materialul înconjurător o structură tridimensională brută, dar destul de informativă. De exemplu, luminozitatea în banda de raze X poate varia de-a lungul câtorva ore, dar lumina roşie variază în săptămâni. Comparația ne permite să concluzionăm că partea galaxiei active care emite lumină roşie este mult mai mare decât cea care emite raze X. Acest exercițiu poate fi folosit pentru multe benzi de lumină, permițându-ne să derivăm o imagine completă a sistemului.

Dacă cele mai multe acțiuni de acest fel s-au desfăşurat în universul timpuriu, în aceşti quasari îndepărtați, de ce nu mai au loc astăzi? De ce nu există quasari apropiați? Sau poate există quasari morți care se ascund sub nasul nostru?

Există explicații foarte bune. Cea mai evidentă este aceea că miezul galaxiilor locale a rămas fără stele pentru hrana motorului. Au dispărut în gol toate stelele a căror orbită se apropia prea mult de gaura neagră. Fără mâncare, nu există nici regurgitări însemnate.

Un mecanism de închidere mult mai interesant este inspirat de ceea ce se întâmplă cu forțele de atracție pe măsură ce masa găurii negre (alături de orizontul de evenimente) creşte întruna. Aşa cum vom vedea mai târziu în această secțiune, aceste forțe nu au nimic de-a face cu gravitația totală resimțită de un obiect. Contează doar

diferența de gravitație de-a lungul obiectului, care creşte spectaculos în apropierea centrului. Aşa că găurile negre mari, cu masă uriaşă, exercită o forță de atracție mai mică decât cele mici, cu masă redusă. Până aici, niciun mister. Efectul gravitației Soarelui asupra Pământului este mult mai mare decât al gravitației Lunii, şi totuşi apropierea îi permite Lunii să exercite o forță de atracție considerabil mai mare asupra planetei noastre, fiindcă se află la nici 400.000 de kilometri.

Este posibil, aşadar, ca o gaură neagră să mănânce atât de mult, încât orizontul ei de evenimente să devină aşa de mare încât uriaşa ei forță de atracție să nu mai fie suficientă pentru a sfărâma o stea. Când se întâmplă aşa ceva, toată energia gravitațională potențială a stelei se transformă în viteză, iar steaua este înghițită întreagă după ce trece de orizontul de evenimente. Nu se mai converteşte în căldură şi radiație. Această valvă de închidere se activează atunci când gaura neagră are o masă de aproximativ un miliard de ori mai mare decât a Soarelui.

Acestea sunt idei valabile care oferă o gamă bogată de explicații. Tabloul general ne permite să credem că galaxiile active şi, mai ales, quasarii sunt doar capitole timpurii din viața nucleului unei galaxii. Pentru ca această premisă să fie adevărată, imagini făcute cu expunere specială ar trebui să scoată la iveală în jurul quasarilor praful unei galaxii-gazdă. Dificultățile ridicate de astfel de observații sunt similare cu cele întâmpinate de vânătorii de sisteme solare care încearcă să detecteze planete ascunse în strălucirea stelei centrale. Quasarul este atât de strălucitor în raport cu galaxia care îl înconjoară, încât este nevoie de tehnici speciale de camuflaj pentru a putea detecta şi altceva decât quasarul însuşi. Bineînțeles, aproape toate imaginile detaliate ale quasarilor relevă praful unei galaxii înconjurătoare. Există totuşi câteva excepții: quasari goi, care continuă să perturbe

modelul standard. Sau poate că galaxiile-gazdă se află dincolo de limitele de detecţie?

Tabloul general ne spune că, în cele din urmă, quasarii se sting singuri. De fapt, trebuie să ne spună asta, pentru că altfel nu ar putea explica absența altor quasari în vecinătate. Dar asta mai înseamnă şi că găurile negre din nucleele galactice ar trebui să fie destul de obişnuite, indiferent dacă galaxia are sau nu un nucleu activ. Într-adevăr, lista galaxiilor apropiate care conțin în nucleul lor o gaură neagră supermasivă creşte de la o lună la alta, iar Calea Lactee este şi ea pe listă. Existența acestor găuri negre este trădată de vitezele astronomice pe care le capătă stelele când trec pe lângă ele (dar nu prin imediata apropiere).

Modelele ştiințifice fertile sunt întotdeauna seducătoare, dar din când în când trebuie să ne întrebăm dacă sunt aşa, fiindcă surprind nişte adevăruri profunde despre univers sau fiindcă au fost construite cu atât de multe variabile ajustabile, încât ar putea explica absolut orice. Suntem chiar aşa deştepți sau ne lipseşte o unealtă care încă nu a fost inventată? Fizicianul englez Dennis Sciama a înțeles foarte bine această dilemă când a scris:

> *De vreme ce ni se pare greu să alcătuim un model potrivit de un anumit tip, Naturii trebuie să i se pară şi ei la fel de greu. Acest argument nu ia în seamă posibilitatea ca Natura să fie mai deşteaptă decât noi. Ba chiar neglijează posibilitatea ca noi să fim mai deştepți mâine decât suntem azi.* (1971, p. 80)

32. FĂ-I PRAF!

De când au fost descoperite oasele dinozaurilor dispăruți, oamenii de ştiință nu au mai contenit cu explicarea extincției acestor creaturi ghinioniste. Poate că un climat torid le-a secat sursele de apă, zic unii. Poate că vulcanii au acoperit solul cu lavă şi au otrăvit aerul. Poate că orbita şi axa de înclinație a Pământului au provocat o neîndurătoare epocă de gheață. Poate că prea multe mamifere primare se ospătau cu ouă de dinozaur. Sau poate că dinozaurii mâncători de carne i-au terminat pe cei vegetarieni. Poate că nevoia de apă a dus la migrații care au răspândit cu rapiditate boli. Poate că adevărata problemă a fost reconfigurarea uscatului, cauzată de deplasările plăcilor tectonice.

Toate soluțiile de acest fel au ceva în comun: oamenii de ştiință care le propun au fost bine antrenați să se uite în jos.

Există totuşi oameni de ştiință antrenați să se uite în sus, care au început să facă legături între trăsăturile suprafeței Pământului şi vizitele vagabonzilor din spațiu. Unele din aceste caracteristici terestre ar fi putut rezulta în urma impactului cu un meteorit, cum este cazul Craterului Barringer, celebra depresiune în formă de castron cu diametrul de peste un kilometru din deşertul Arizona. În anii 1950, geologul american Eugene M. Shoemaker şi colegii lui au descoperit acolo rocă de tipul celei care se formează doar la presiuni extrem de mari exercitate într-o perioadă foarte scurtă – adică de genul celor pe care le-ar putea crea căderea unui meteorit. În cele din urmă, geologii au căzut de acord că acel castron (numit astăzi „Craterul Meteor") a fost creat de un impact, iar descoperirea lui Shoemaker a înviat conceptul de secol XIX al catastrofismului – ideea că schimbările de la suprafața planetei noastre pot fi provocate de evenimente distructive rapide şi cu o forță foarte mare.

Odată deschise porțile speculației, lumea a început să se întrebe dacă nu cumva dinozaurii au dispărut ca urmare a unui asalt de același gen, dar mai mare. Faceți cunoștință cu iridiul: un metal rar pe Pământ, dar obișnuit în componența meteoriților metalici și evidențiat în straturile argiloase de 65 de milioane de ani în diferite locuri din lume. Acest lut, care datează cam din aceeași perioadă în care ne-au părăsit dinozaurii, marchează locul crimei: sfârșitul Cretacicului. Și acum vă prezint Craterul Chicxulub, o depresiune de 200 de kilometri la marginea peninsulei mexicane Yucatan. Și el are o vechime de aproximativ 65 de milioane de ani. Simulările computerizate ale schimbărilor climatice au stabilit că orice impact care ar fi putut provoca acel crater aruncă în stratosferă suficientă materie din crusta Pământului pentru a provoca o catastrofă climatică. Cine ar putea cere mai mult? Avem făptașul, arma crimei și mărturisirea.

Dosar clasat.

Oare?

Cercetarea științifică nu trebuie să se oprească doar pentru că, aparent, s-a găsit o explicație rezonabilă. Unii paleontologi și geologi rămân sceptici atunci când vine vorba ca Chicxulub să ia partea leului – sau o parte foarte importantă – din responsabilitatea pentru dispariția dinozaurilor. Unii cred chiar că Chixulub s-ar fi putut forma cu mult înainte ca extincția să aibă loc. Mai mult, la acea vreme, pe Pământ activitatea vulcanică era destul de intensă. În plus, pe planeta noastră au mai trecut valuri de dispariții ale unor specii fără să fie legate de indicii ca metale rare sau cratere. Și nu toate lucrurile rele care vin din spațiu lasă în urmă un crater. O parte dintre ele explodează în atmosferă, nereușind să ajungă la suprafața planetei.

Aşadar, pe lângă coliziuni, ce ne mai rezervă neobositul cosmos? Ce altceva ar putea trimite universul spre noi ca să poată bruia imediat tiparele vieții pe Pământ?

Ultima jumătate de miliard de ani a adus pe Pământ câteva episoade de dispariții în masă. Cele mai mari s-au petrecut în Ordovician, în urmă cu 440 de milioane de ani, în Devonian, acum 370 de milioane de ani, în Permian, acum 250 de milioane de ani, în Triasic, în urmă cu 210 milioane de ani, şi, desigur, în Cretacic, acum 65 de milioane de ani. Au avut loc şi episoade mai puțin însemnate, la intervale de zeci de milioane de ani.

O parte dintre cercetătorii acestui fenomen arată că, în medie, un episod important apare cam la fiecare 25 de milioane de ani. Oamenii care îşi petrec majoritatea timpului uitându-se în sus sunt familiarizați cu fenomene care se repetă la intervale de timp foarte mari, aşa că astrofizicienii au hotărât că e rândul lor să arate cu degetul câțiva ucigaşi.

Să-i oferim soarelui o stea companion mai palidă şi mai îndepărtată, după cum au spus în anii 1980 câțiva privitori pe cer. Să declarăm că perioada orbitală a acesteia este de vreo 25 de milioane de ani şi că orbita are o elongație extremă, aşa încât steaua îşi petrece mult mai mult timp departe de Pământ şi nu a fost detectată. Această tovarăşă va tulbura serios rezervorul îndepărtat de comete al sistemului solar ori de câte ori va trece prin vecinătate. Legiuni de comete vor fi aruncate de pe orbitele lor stabile din exteriorul sistemului solar, iar ritmul impactului cu Pământul va creşte foarte mult.

Aşa s-a născut Nemesis, numele dat ipoteticei stele ucigaşe. Analize ulterioare ale episoadelor de extincție au făcut mai mulți experți să fie convinşi de faptul că intervalul mediu de timp dintre catastrofe variază prea mult pentru a

putea avea o semnificație cu adevărat ciclică. Totuși, pentru câțiva ani, ideea a fost știrea zilei.

Periodicitatea nu a fost singura idee intrigantă referitoare la moartea venită din spațiul cosmic. Alte scenarii includeau o pandemie. Astrofizicianul englez Sir Fred Hoyle și colaboratorul lui de o viață, Chandra Wickramasinghe, astăzi la Universitatea Cardiff din Țara Galilor, s-au gândit la posibilitatea ca Pământul să treacă printr-un nor interstelar plin de microorganisme sau să fie pista de aterizare a unui praf similar înzestrat provenit de la o cometă aflată în trecere. O astfel de întâlnire ar putea da naștere unor epidemii cu răspândire rapidă. O parte dintre norii uriași sau praful lăsat de comete por fi ucigași în toată regula dacă poartă virusuri capabile să distrugă o mare varietate de specii. Printre numeroasele probleme legate de viabilitatea unei astfel de idei este și aceea că nimeni nu știe cum ar putea un nor interstelar să prepare și să transporte ceva atât de complex ca un virus.

Mai vreți? Astrofizicienii și-au imaginat un spectru aproximativ nesfârșit de catastrofe uluitoare. De exemplu, în acest moment, Calea Lactee și Andromeda, galaxia noastră geamănă care stă peste drum, la 2,4 milioane de ani-lumină, se îndreaptă una către alta. Așa cum am mai discutat, în vreo șapte miliarde de ani s-ar putea să intre în coliziune, provocând echivalentul cosmic al unui accident de tren. Norii de gaz se vor ciocni unul de altul, stelele vor zbura încolo și-ncoace. Dacă o stea se apropie destul de mult ca să ne pună la încercare atașamentul gravitațional față de Soare, planeta noastră poate fi smulsă din sistemul solar, lăsându-ne să bâjbâim prin întuneric.

Ar fi foarte rău.

Oricum, cu două miliarde de ani înainte de asta, Soarele se va umfla și va muri din cauze naturale, înghițind planetele apropiate – inclusiv Pământul – și vaporizându-le.

Ar fi şi mai rău.

Iar dacă vreo gaură neagră băgăcioasă se apropie prea mult de noi, se va ospăta cu toată planeta, transformând-o mai întâi în moloz, cu ajutorul extraordinarelor forțe de atracție. Resturile vor fi aruncate în țesătura spațiu-timp, coborând într-un lung şir de atomi în orizontul de evenimente al găurii negre şi făcându-se una cu singularitatea sa.

Dar fişa geologică a Pământului nu menționează vreo întâlnire cu o gaură neagră, şi cu atât mai puțin sfărâmături şi înghițiri. Dat fiind că nu avem cine ştie ce şanse să ne apropiem de o gaură neagră, aş spune că avem probleme mai urgente legate de supraviețuire.

Ce ziceți însă de prăjirea la undele şi particulele cu radiație electromagnetică înaltă scuipate prin spațiu de o stea care a explodat?

Cele mai multe stele au o moarte liniştită, împărțindu-şi cu amabilitate gazele din exterior în spațiul interstelar. Dar una dintr-o mie – cea a cărei masă este de vreo şapte sau opt ori mai mare decât a Soarelui – are parte de o moarte violentă, într-o explozie pe care o numim „supernovă". Dacă ne găsim la mai puțin de 30 de ani-lumină de una dintre ele, ne alegem cu o doză letală de radiații cosmice – particule cu energie înaltă care traversează spațiul cu o viteză apropiată de a luminii.

Primele victime vor fi moleculele de ozon. În mod normal, ozonul stratosferic (O_3) absoarbe radiația ultravioletă a Soarelui, care este periculoasă. Făcând asta, se descompune în oxigen (O) şi oxigen molecular (O_2). Atomii de oxigen proaspăt eliberați îşi pot uni forțele cu alte molecule de oxigen, producând din nou ozon. Într-o zi obişnuită, razele ultraviolete ale Soarelui distrug ozonul Pământului cam în acelaşi ritm în care acesta se reface. Dar

un asalt copleşitor de energie înaltă asupra stratosferei noastre ar distruge ozonul prea repede, lăsându-ne fără apărarea în faţa razelor solare.

După ce unda de raze cosmice elimină scutul de ozon, ultravioletele pot ajunge pe suprafaţa Pământului, descompunând în cale moleculele de oxigen şi azot. Pentru păsări, mamifere şi alţi locuitori de pe Pământ asta ar fi o veste foarte neplăcută. Atomii liberi de oxigen şi azot se combină foarte uşor. Un produs ar fi dioxidul de azot, parte componentă a smogului, care ar întuneca atmosfera, provocând o scădere a temperaturii. S-ar instala o nouă epocă de gheaţă, în timp ce razele ultraviolete ar steriliza treptat suprafaţa Pământului.

Dar ultravioletele propulsate în toate direcţiile de o supernovă reprezintă doar o ciupitură de ţânţar în comparaţie cu ce pot face razele gamma eliberate de o hipernovă.

Cel puţin o dată pe zi are loc undeva în cosmos o mică explozie de raze gama – cele mai înalte dintre radiaţiile de înaltă energie – prin care este eliberată energie echivalentă cu cea a o mie de supernove. Aceste explozii au fost descoperite accidental în anii 1960 de sateliţii armatei americane lansaţi pe orbită pentru detectarea radiaţiilor de la testele nucleare clandestine pe care Uniunea Sovietică le-ar fi efectuat, violând pactul din 1963. În schimb, sateliţii au descoperit semnale din univers.

La început nimeni nu a ştiut ce reprezentau acele explozii sau cât de departe avuseseră loc. În loc să se grupeze de-a lungul planului discului de stele şi gaz al Căii Lactee, proveneau din toate direcţiile de pe cer, din întregul cosmos. Totuşi, trebuia să se fi petrecut în apropiere, la distanţe de cel puţin un diametru galactic de noi. Altfel, cum

ar fi putut elibera toată acea energie înregistrată aici, pe Pământ?

O observație făcută în 1997 de un telescop italian cu raze X a pus capăt disputei: exploziile de raze gamma sunt evenimente extragalactice foarte îndepărtate, probabil semnale ale exploziei unei stele supermasive, care duce la naşterea unei găuri negre. Telescopul a detectat razele X din „strălucirea reziduală" a unei astfel de explozii, GRB 970228. Însă razele X erau „înroşite". S-a dovedit că această trăsătură a luminii şi universul în expansiune le permit astrofizicienilor să determine destul de exact distanța. Strălucirea reziduală a lui GRB 970228, care a ajuns pe Pământ în 28 februarie 1997, provenea în mod cert de la o jumătate de univers distanță, de la miliarde de ani-lumină. În anul următor, un astrofizician de la Princeton, Bohdan Paczynski, a botezat fenomenul „hipernovă", pentru a descrie sursa unei astfel de explozii. Eu unul aş fi votat pentru „extranovă".

O hipernovă este acel eveniment din 100 000 de supernove care produce explozii de raze gamma, generând în câteva clipe aceeaşi cantitate de energie pe care ar putea s-o emită Soarele dacă ar străluci la intensitatea de astăzi vreme de o mie de miliarde de ani. Dacă nu cumva e vorba de influența unor legi ale fizicii nedescoperite încă, singura cale de a obține energia măsurată este aceea de a radia cantitatea totală de energie a exploziei într-o singură rază – cam la fel cum lumina becului unei lanterne este canalizată de oglinda parabolică într-o singură rază puternică. Dacă strângem energia unei supernove într-o rază îngustă, tot ce se află în calea acestei raze o să simtă din plin impactul energiei exploziei. În acelaşi timp, cine nu se află în calea razei nici nu-şi dă seama că există. Cu cât e mai îngustă raza, cu atât va fi mai intens fluxul de energie şi cu atât sunt mai puțini locuitorii cosmici care o vor observa.

Ce provoacă aceste raze gamma concentrate? Să ne gândim la steaua supermasivă originală. Nu cu mult înainte de moartea provocată de lipsa de combustibil care să-i potolească foamea, steaua îşi trimite la plimbare straturile exterioare. Se înveleşte într-o uriaşă carapace noroasă, îmbogăţită poate de pungi de gaz rămase din norul care s-a aflat în jurul ei. Când, în cele din urmă, steaua intră în colaps şi explodează, eliberează cantităţi uluitoare de materie şi energie. Primul asalt al materiei şi energiei face o gaură în punctele slabe ale carapacei de gaz, iar materia şi energia se scurg prin acel punct. Modelele computerizate ale acestui scenariu sofisticat sugerează că aceste puncte slabe se află de obicei deasupra polilor nord şi sud ai stelei originale. De dincoace de scut s-ar putea vedea două raze puternice care călătoresc în direcţii opuse către toate detectoarele gamma pe care le-ar putea întâlni în cale.

Adrian Melott, astronom la Universitatea din Kansas, susţine, împreună cu un grup de colegi specializaţi în diverse discipline, că dispariţia speciilor din Ordovician ar fi putut fi provocată de o întâlnire directă cu o astfel de izbucnire de raze gamma. Atunci au pierit un sfert din familiile de organisme de pe Pământ. Şi nimeni nu a putut găsi urmele unui meteorit care să fi lovit planeta la acea vreme.

Dacă eşti ciocan (vorba zicătorii), toate problemele ţi se par cuie. Dacă eşti expert în meteoriţi şi te ocupi de dispariţia bruscă a unor specii, îţi vine să dai vina pe un impact. Dacă eşti un geolog specializat în originea rocilor, vulcanii sunt de vină. Dacă te ocupi de bio-norii din cosmos, trebuie să fie la mijloc un virus interstelar. Dacă eşti expert în hipernove, razele gamma sunt vinovate.

Indiferent cine are dreptate, un lucru e sigur: ramuri întregi din arborele vieții pot dispărea aproximativ într-o clipă.

Cine supraviețuieşte acestor asalturi? Ai un avantaj dacă eşti mic şi supus. Microorganismele tind să se descurce în condiții adverse. Mai important, ajută dacă poți să trăieşti acolo unde nu străluceşte Soarele – pe fundul oceanului, în crăpăturile unor roci, în diverse tipuri de sol. Uriaşa biomasă subterană supraviețuieşte. Ea este, iar şi iar, moştenitoarea Pământului.

33. MOARTEA ÎNTR-O GAURĂ NEAGRĂ

Fără îndoială, cea mai spectaculoasă moarte din spațiu este prin căderea într-o gaură neagră. În ce altă parte din univers ți-ai putea pierde viața fiind descompus atom cu atom?

Găurile negre sunt zone din spațiu în care gravitația este atât de mare, încât țesătura de spațiu-timp se curbează, împreună cu uşile de ieşire. Iată un alt fel de a privi dilema: viteza de care este nevoie pentru a scăpa dintr-o gaură neagră este mai mare decât viteza luminii. Aşa cum am văzut în Partea a treia, lumina călătoreşte în vid cu 299 792 458 metri pe secundă, fiind cea mai rapidă din univers. Dacă lumina nu poate scăpa, nici dumneavoastră nu puteți. De asta le spunem acestor chestii „găuri negre".

Toate obiectele au o viteză de evadare. A Pământului este de numai 11 kilometri pe secundă, aşa că lumina evadează cu uşurință, la fel ca orice lucru aruncat cu o viteză mai mare de 11 kilometri pe secundă. Le puteți spune celor care susțin că ce arunci în sus trebuie să şi cadă că sunt greşit informați.

Teoria generală a relativității, publicată de Albert Einstein în 1916, ne oferă idei pentru înțelegerea acestei structuri bizare a spațiului şi timpului într-un mediu cu gravitație foarte mare. Cercetările ulterioare făcute de fizicianul John A. Wheeler şi de alții ca el au ajutat la formularea vocabularului şi la stabilirea instrumentelor matematice pentru descrierea şi prezicerea efectelor pe care le exercită o gaură neagră în jurul ei. De exemplu, granița exactă dincolo de care lumina nu mai poate evada – şi care separă şi ce se află în univers de ceea ce este pierdut pentru totdeauna într-o gaură neagră, poartă denumirea poetică de „orizont de evenimente". Prin convenție, dimensiunea unei găuri negre este dimensiunea orizontului ei de evenimente, o mărime care poate fi măsurată şi calculată. Dar materia din interiorul orizontului se află în colaps gravitațional într-un

punct infinitezimal din centrul găurii negre. Aşa că găurile negre nu sunt obiecte mortale, ci regiuni spaţiale mortale.

Să studiem mai în detaliu ce poate face o gaură neagră unui corp omenesc care se apropie prea mult de ea.

Dacă daţi peste o gaură neagră şi cădeţi cu picioarele înainte spre centrul ei, pe măsură ce vă apropiaţi de centru sunteţi supuşi unei forţe gravitaţionale în creştere astronomică. În mod curios, n-o să simţiţi deloc această forţă, fiindcă, la fel ca tot ce se află în cădere liberă, nu aveţi greutate. O să simţiţi în schimb ceva mult mai sinistru. În timpul căderii, forţa de gravitaţie din dreptul picioarelor, care se află mai aproape de centrul găurii, le impune o acceleraţie mai mare decât cea de care pe care o are capul, aflat mai departe de centru şi afectat deci de o forţă mai slabă. Diferenţa dintre cele două forţe este numită oficial „forţă mareică" şi creşte tot mai mult pe măsură ce vă apropiaţi de centrul găurii negre. Pentru Pământ – şi pentru mai toate locurile din univers – forţa mareică de-a lungul corpului dumneavoastră este minusculă şi trece neobservată. Dar în căderea cu picioarele înainte într-o gaură neagră n-o să remarcaţi decât această forţă.

Dacă aţi fi făcut din cauciuc, v-aţi putea întinde. Dar oamenii sunt făcuţi din alte materiale. De exemplu muşchi, oase şi organe. Corpul dumneavoastră va rămâne întreg până în clipa în care forţele mareice depăşesc tăria legăturilor moleculare din el. (Dacă Inchiziţia ar fi dispus de găuri negre, cu siguranţă le-ar fi preferat paturilor de tortură.)

Acum intervine momentul înspăimântător în care corpul o să vi se rupă în două, de la mijloc. Diferenţele gravitaţionale continuă să crească în cădere şi fiecare dintre cele două părţi se rupe la rândul ei în două, care apoi se rup şi ele în două, şi tot aşa. Corpul o să fie segmentat în tot mai multe părţi: 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 etc. După ce deveniţi

molecule organice, acestea încep să simtă şi ele forţele mareice tot mai puternice. În cele din urmă o să pocnească şi ele, lăsând în urmă un şir de atomi. Iar aceştia, la rândul lor, o să se rupă şi ei, devenind o defilare irecognoscibilă de particule care, cu câteva minute înainte, eraţi dumneavoastră.

Dar veştile proaste nu se opresc aici.

Toate părţile corpului se deplasează spre acelaşi punct – centrul găurii negre. Aşa că, în timp ce sunteţi făcut bucăţele, o să fiţi întins în ţesătura spaţiu-timp, ca o pastă de dinţi scoasă din tub.

La toate cuvintele care descriu moduri de a muri (de exemplu „omucidere", „sinucidere", „electrocutare", „sufocare", „înfometare") adăugăm acum şi termenul „spaghetificare".

Pe măsură ce mănâncă, gaura neagră se alege cu un diametru tot mai mare, proporţional cu masa. Dacă, de exemplu, mănâncă până când îşi triplează masa, va fi de trei ori mai largă. Din acest motiv, găurile negre din univers pot avea aproximativ orice dimensiune, dar nu toate vă vor spaghetifica înainte de a depăşi orizontul de evenimente. Doar cele „mici" vor face asta. De ce? Pentru o moarte spectaculoasă contează doar forţele mareice. Ca regulă generală, acestea sunt mai mari dacă înălţimea dumneavoastră este mare în raport cu distanţa până la centrul obiectului.

Să luăm un caz simplu, dar extrem. Dacă un om de 1,80 metri cade cu picioarele înainte spre o gaură neagră de 1,80 metri, atunci la orizontul de evenimente capul lui se află de două ori mai departe de centrul găurii decât picioarele. Diferenţa dintre forţele de atracţie de la picioare şi cele de la cap este uriaşă. Dar dacă gaura neagră are 1800 de metri, atunci picioarele omului respectiv vor fi doar

cu o zecime de procent mai aproape de centrul găurii decât capul, iar diferența dintre forțele gravitaționale – forțele mareice – va fi corespunzător mai mică.

Putem pune o întrebare simplă: cât de repede se schimbă forța gravitațională pe măsură ce ne apropiem de un obiect? Ecuațiile gravitației arată că aceasta creşte tot mai rapid odată cu apropierea de centru. În cazul găurilor negre mai mici, apropiere de centru înainte de intrarea în orizontul de evenimente este mai mare, aşa că gravitația care variază pe distanțe foarte mici poate fi devastatoare pentru obiectele care cad în ea.

O varietate obişnuită de gaură neagră are o masă de câteva ori mai mare decât a Soarelui, dar aceasta este comprimată într-un orizont de evenimente de numai câteva zeci de kilometri. Despre asta discută toți astronomii atunci când conversațiile colocviale ating subiectul găurii negre. Într-o cădere spre această bestie corpul o să înceapă să se rupă cam la 150 de kilometri de centru. O altă varietate obişnuită de gaură neagră ajunge la o masă de un miliard de ori mai mare decât a Soarelui, cu un orizont de evenimente cam de dimensiunea sistemului nostru solar. Găurile negre de acest fel se află în centrul galaxiilor. Forța lor de atracție este monstruoasă, dar diferențele de gravitație de la cap la picioare în apropierea orizontului de evenimente sunt relativ mici. Forța mareică este atât de slabă, încât ați putea depăşi orizontul de evenimente întreg, numai că n-o să vă mai puteți întoarce ca să povestiți cuiva această excursie. Iar când, în cele din urmă, veți fi rupt în bucăți, în adâncul orizontului, nimeni din afară n-o să poată vedea asta.

Din câte ştiu eu, niciun om n-a fost mâncat de o gaură neagră, dar există dovezi clare că găurile negre din univers se ospătează în mod regulat cu stele rătăcite şi nori gazoşi naivi. Când se apropie de o gaură neagră, un nor gazos nu

cade imediat în ea. Nu urmează o coregrafie de tipul „cu picioarele înainte”, ci este atras de obicei pe o orbită care îl împinge în spirală către dispariție. Părțile din nor care sunt mai apropiate de gaura neagră vor gravita mai repede decât cele mai îndepărtate. Cunoscută ca „rotație diferențială”, această secționare poate avea consecințe astrofizice extraordinare. Pe măsură ce se apropie în spirală de orizontul de evenimente, straturile de nori se încălzesc – din cauza fricțiunilor interne – până dincolo de un milion de grade. Gazul străluceşte albăstrui şi devine o sursă bogată de raze X şi ultraviolete. Gaura neagră izolată şi invizibilă (care îşi vedea de treaba ei) devine o gaură neagră invizibilă încercuită de o autostradă gazoasă de foc care radiază energie înaltă.

De vreme ce sunt mingi de gaze, stelele nu sunt imune la soarta nefericiților nori. Dacă o stea dintr-un sistem binar devine o gaură neagră, nu poate mânca decât la sfârşitul vieții stelei care o întovărăşeşte, când aceasta se umflă şi devine o gigantă roşie. Dacă giganta roşie creşte foarte mult, este jupuită de gaura neagră, care o mănâncă strat cu strat. Dacă o stea se apropie de gaură, forțele mareice o deformează şi, în cele din urmă, rotația diferențială o toacă, transformând-o într-un disc de gaz foarte luminos, încins din cauza fricțiunilor.

De câte ori are nevoie de o sursă de energie într-un spațiu foarte mic pentru a explica un fenomen, un teoretician al astrofizicii recurge mai întâi la muniția unei găuri negre care a fost bine hrănită. De exemplu, aşa cum am văzut mai devreme, îndepărtații şi misterioşii quasari au o luminozitate de sute sau de mii de ori mai mare decât întreaga Cale Lactee. Dar întreaga lor energie este emanată de o zonă care nu depăşeşte dimensiunile sistemului nostru solar. Dacă nu facem apel la o gaură neagră supermasivă

pentru a explica motorul quasarului, nu prea avem alternative.

Ştim astăzi că de obicei găurile negre supermasive se întâlnesc în centrul galaxiilor. În cazul unora dintre acestea, o luminozitate suspect de mare într-un volum suspect de mic scoate la iveală vinovatul, dar luminozitatea reală depinde foarte mult de prezența unor stele şi nori de gaze pe care gaura neagră îi poate face bucăți. Alte galaxii au şi ele o gaură neagră, chiar dacă zona centrală nu este luminoasă. Probabil că aceste găuri negre au mâncat deja stelele şi norii dimprejur, fără să lase în urmă vreo dovadă. Dar stelele de lângă centru, care gravitează aproape de gaura neagră (dar nu suficient de aproape pentru a fi consumate), au viteze considerabil mai mari.

Combinată cu distanța stelei față de centrul galaxiei, această viteză ne dă măsura directă a masei totale din orbită. Înarmați cu astfel de date putem folosi un petic de hârtie ca să calculăm dacă, într-adevăr, masa centrală care exercită forța de atracție este suficient de concentrată pentru a fi o gaură neagră. Cele mai mari găuri negre cunoscute au o masă de un miliard de ori mai mare decât a Soarelui. Aşa este şi cea ascunsă în galaxia eliptică gigantică M87, cea mai mare din roiul de galaxii din Fecioară. Mult mai jos pe listă se află gaura neagră cu masă de 30 de milioane de ori mai mare decât a Soarelui din centrul galaxiei Andromeda, vecina noastră spațială.

Începeți să invidiați alte găuri negre? Aveți toate motivele: cea din centrul Căii Lactee are o masă de numai patru milioane de ori mai mare decât a Soarelui. Însă orice masă ar avea, meseria lor este moartea.

SECȚIUNEA VI

ȘTIINȚA ȘI CULTURA

INTERFAȚA ACCIDENTATĂ DINTRE DESCOPERIREA COSMOSULUI ȘI REACȚIA PUBLICULUI

34. CE ZICE LUMEA

Aristotel a declarat cândva că planetele se mişcă pe fundalul stelelor şi că, deşi stelele căzătoare, cometele şi eclipsele reprezintă elemente variabile în atmosfera cerurilor, stelele în sine sunt fixe şi neschimbătoare pe cer, iar Pământul este centrul tuturor mişcărilor din univers. De la înălţimea intelectuală la care am ajuns, douăzeci şi cinci de secole mai târziu, chicotim când auzim astfel de idei, deşi ele au fost consecinţa unor observaţii legitime, dar simple, ale naturii.

Aristotel a mai făcut şi altfel de afirmaţii. A spus că obiectele grele cad mai repede decât cele uşoare. Cine putea susţine contrariul? Era evident că piatra cade pe pământ mai repede decât o frunză. Dar Aristotel a mers şi mai departe, susţinând că diferenţa de viteză dintre obiectele mai grele şi cele mai uşoare este proporţională cu greutatea acestora, aşa că un obiect de zece kilograme o să cadă de zece ori mai repede decât unul de un kilogram.

Aristotel se înşela foarte tare.

Ca să verificaţi, puteţi lăsa să cadă de la aceeaşi înălţime şi în acelaşi timp două pietre, una mai mare şi una mai mică. Spre deosebire de frunzele plutitoare, niciuna dintre ele nu va fi influenţată prea mult de rezistenţa aerului, aşa că ambele vor atinge pământul în acelaşi timp. Un astfel de experiment nu are nevoie de stipendii din partea vreunui institut de cercetări. Aristotel ar fi putut să-l pună în practică, dar n-a făcut asta. Învăţăturile lui au fost preluate apoi de Biserica Catolică. Prin puterea şi influenţa acesteia, filosofia aristoteliană a devenit fundamentul cunoaşterii în lumea occidentală, crezută şi repetată orbeşte. Oamenii îşi spuneau întruna lucruri neadevărate, dar nu se opreau aici: ignorau lucruri care se petreceau în mod evident, dar care se presupunea că nu au cum să fie adevărate.

Când cercetăm ştiinţific natura, singurul lucru mai rău decât o persoană care crede orbeşte în ceva este o persoană care vede cu ochii ei cum stau lucrurile şi totuşi nu crede. În 1054, o stea din constelaţia Taurul a devenit brusc mai strălucitoare, de aproximativ un milion de ori. Astronomii chinezi au scris despre asta. Astronomii orientali au scris şi ei. Amerindienii care locuiau în sud-vestul de astăzi al Statelor Unite au încrustat în piatră această amintire. Steaua a devenit atât de strălucitoare, încât săptămâni întregi s-a văzut şi peste zi. Totuşi, în Europa nimeni nu a pomenit de acest eveniment. (Steaua strălucitoare din cer era de fapt o explozie-supernovă care se petrecuse cu vreo 7 000 de ani mai devreme, dar a cărei lumină ajunsese pe Pământ abia în acel an.) E drept, Europa era în Evul Mediu, aşa că nu ne putem aştepta ca abilităţile de a culege date să fie prea răspândite, însă evenimentele cosmice care erau „permise" au fost consemnate în mod repetat. De exemplu, doisprezece ani mai târziu, în 1066, a fost văzută şi descrisă – cu tot cu uimirea provocată oamenilor – în celebra „Tapiserie de la Bayeux", realizată în jurul anului 1100, cometa care avea să fie botezată mai apoi Halley. Biblia spune că stelele sunt neschimbătoare. Aristotel spune că stelele sunt neschimbătoare. Biserica, autoritate fără pereche, declară că stelele sunt neschimbătoare. Populaţia cade victimă unei iluzii colective care depăşeşte cu mult puterea de observaţie a fiecărui om în parte.

Cu toţii avem cunoştinţe în care credem orbeşte, fiindcă nu putem testa fiecare afirmaţie a celorlalţi. Dacă vă spun că un proton are un omolog de antimaterie (antiprotonul) aveţi nevoie de aparatură de laborator de un miliard de dolari pentru a verifica afirmaţia mea. Aşa că e mai uşor să mă credeţi şi să aveţi încredere că, în cele mai multe cazuri, cel puţin în ce priveşte lumea astrofizicii, ştiu ce vorbesc. Nu mă deranjează dacă rămâneţi sceptici. De fapt, vă rog să

faceți asta. Vizitați cel mai apropiat accelerator de particule pentru a vedea antimateria cu ochii dumneavoastră. Dar cum rămâne cu toate afirmațiile pentru verificarea cărora nu e nevoie de dispozitive speciale? Ați crede că în cultura noastră modernă şi luminată cunoştințele populare sunt imune la falsuri care sunt uşor de testat.

Deloc.

Gândiți-vă la următoarele declarații. Steaua Nordului este cea mai strălucitoare de pe cerul nopții. Soarele este o stea galbenă. Ce arunci în sus trebuie să cadă înapoi pe Pământ. Noaptea poți vedea cu ochiul liber milioane de stele. În spațiu nu există gravitație. Busola indică nordul. Zilele se scurtează iarna şi se lungesc vara. Eclipsele totale de Soare sunt rare.

Toate propozițiile din paragraful de mai sus sunt false.

Mulți (probabil cei mai mulți) oameni cred una sau mai multe dintre aceste afirmații şi le împărtăşesc şi altora, chiar dacă o demonstrație directă a faptului că sunt neadevărate poate fi făcută sau dedusă cu mare uşurință. Bine ați venit la expoziția lucrurilor pe care le zice lumea:

Steaua Nordului este cea mai strălucitoare de pe cerul nopții. Nu este nici măcar atât de strălucitoare încât să intre în topul celor mai strălucitoare 40 de obiecte celeste. Probabil că oamenii iau popularitatea drept strălucire. Dar dacă vă uitați pe cerul nordului, trei dintre cele şapte stele ale Carului Mare, inclusiv steaua „indicatoare", sunt mai strălucitoare decât Steaua Nordului, care se află la doar trei palme de ele. Nu există nicio scuză pentru convingerea de la care am pornit.

Şi, indiferent ce v-a spus cineva vreodată, Soarele nu este galben, ci alb. Felul în care percepem culorile e foarte complicat, însă dacă Soarele ar fi galben, ca un bec galben, atunci materia albă, cum ar fi zăpada, ar trebui să reflecte această lumină şi să ne apară galbenă, aşa cum se întâmplă

doar în apropierea obiectelor galbene. Ce i-ar putea face pe oameni să susţină că Soarele e galben? În miezul zilei, o privire aruncată spre Soare vă poate afecta vederea. Totuşi, în preajma apusului, când Soarele coboară la orizont, şi când rămăşiţele de lumină albastră din atmosferă ating apogeul, intensitatea strălucirii Soarelui este diminuată semnificativ. Lumina albastră din spectrul solar rămasă pe cerul amurgului lasă în urmă un disc solar cu nuanţe galben-portocalii-roşii. Uitându-se la culorile corupte ale Soarelui care apune oamenii îşi alimentează prejudecăţile.

Ce arunci în sus trebuie să cadă înapoi pe Pământ. Suprafaţa Lunii este presărată cu tot soiul de mingi de golf, automobile, steaguri şi sonde prăbuşite. Dacă nu se duce cineva să le aducă înapoi, n-o să se întoarcă niciodată pe Pământ. În veci! Dacă vreţi să nu mai cădeţi pe Pământ nu trebuie decât să călătoriţi cu o viteză mai mare de 11 kilometri pe secundă. Gravitaţia Pământului o să vă încetinească, dar nu va reuşi să inverseze sensul mişcării şi să vă aducă înapoi la suprafaţa planetei.

Dacă nu cumva aveţi pupile de dimensiunea lentilelor unui binoclu, indiferent de acuitatea vizuală şi de locul de pe Pământ în care vă aflaţi n-o să vedeţi pe cerul nopţii mai mult de cinci sau şase mii de stele dintre cele aproximativ 100 de miliarde ale Căii Lactee. Încercaţi într-o noapte. Iar lucrurile stau cu totul altfel când este prezentă şi Luna. Iar dacă e şi plină, o să acopere lumina majorităţii stelelor, lăsând la vedere doar câteva sute.

În timpul programului spaţial Apollo, când una dintre misiuni era în drum spre Lună, un prezentator de televiziune celebru a anunţat momentul exact în care „astronauţii au părăsit câmpul gravitaţional al Pământului”. De vreme ce astronauţii încă mai erau în drum spre Lună, iar aceasta gravitează în jurul Pământului, înseamnă că gravitaţia planetei noastre se întinde în spaţiu *cel puţin până*

la Lună. De fapt, gravitația Pământului, ca şi cea a oricărui alt obiect din univers, se întinde fără limită, chiar facă forța sa scade tot mai mult. Fiecare punct din spațiu musteşte de forțe gravitaționale orientate spre fiecare corp din univers. Prezentatorul voia să spună de fapt că astronauții trecuseră de punctul în care forța gravitațională a Lunii o depăşeşte pe cea a Pământului. Treaba rachetei în trei trepte Saturn V era aceea de a înzestra modulul de comandă cu suficientă viteză pentru a atinge acest punct din spațiu, fiindcă, odată depăşit, ar fi crescut accelerația spre Lună – ceea ce s-a şi întâmplat. Gravitația se află peste tot.

Toată lumea ştie că, atunci când vine vorba de magneți, polii opuşi se atrag, iar cei similari se resping. Dar acul unei busole este proiectat în aşa fel încât jumătatea care a fost magnetizată ca „nord" să arate spre polul magnetic de nord al Pământului. Singurul caz în care un obiect magnetizat poate întoarce partea sa nordică spre polul magnetic de nord al Pământului este acela în care polul nordic al câmpului magnetic al planetei se află în sud, iar cel sudic este în nord. Mai mult, nu există vreo lege în univers care să ceară unui obiect să-şi alinieze polii magnetici cu cei geografici. Pe Pământ, distanța dintre aceşti poli este de peste 1 200 de kilometri, ceea ce face ca în Canada, de exemplu, busolele să devină inutile pentru navigație.

De vreme ce prima zi de iarnă este cea mai scurtă „zi" din an, fiecare dintre zilele următoare din sezonul de iarnă trebuie să fie mai lungă decât precedenta. În mod similar, de vreme ce prima zi de vară este cea mai lungă „zi" din an, fiecare dintre următoarele trebuie să fie mai scurtă decât precedenta. Ceea ce este complet opus celor susținute mereu de lume.

În medie, la fiecare doi ani există un loc pe Pământ în care Luna acoperă complet Soarele, producând o eclipsă totală. Este un eveniment mai frecvent decât Jocurile

Olimpice, şi totuşi, nu vedeți în ziare titluri de genul „În acest an o să aibă loc un eveniment rar – Jocurile Olimpice”. Percepția eclipselor ca fenomene rare poate avea o cauză simplă: oricare ar fi locul de pe Pământ pe care îl alegeți, puteți aştepta până la o jumătate de mileniu pentru a vedea a doua eclipsă de Soare. Acest lucru este adevărat, deşi nu e un argument prea solid, pentru că există locuri pe Pământ (cum ar fi mijlocul deşertului Sahara sau orice regiune din Antarctica) în care nu s-au desfăşurat şi e puțin probabil să se desfăşoare vreodată Jocuri Olimpice.

Mai vreți câteva exemple? La amiază, Soarele este exact deasupra capului. Soarele răsare la est şi apune la vest. Luna răsare noaptea. Echinocțiul are o zi de 12 ore şi o noapte de 12 ore. Crucea Sudului este o constelație frumoasă. Toate aceste afirmații sunt şi ele greşite.

În niciun moment din zi, în nicio zi din an şi în niciun loc din Statele Unite Soarele nu este fix deasupra capului. La „amiază” obiectele verticale nu ar trebui să arunce nicio umbră. Singurii oameni de pe planetă care pot vedea asta sunt poziționați între 23,5 grade latitudine sudică şi 23,5 grade latitudine nordică. Chiar şi în acea zonă, Soarele se află exact deasupra capului în doar două zile din an. Conceptul de amiază, ca şi cel de strălucire a Stelei Nordului sau cel al culorii Soarelui, reprezintă un caz de iluzie colectivă.

Pentru orice persoană de pe Pământ, Soarele răsare de la estul cardinal şi apune la vestul cardinal în doar două zile din an: prima zi a primăverii şi prima zi a toamnei. În orice altă zi, în orice loc de pe Pământ, Soarele răsare din alt loc al orizontului decât estul cardinal şi apune în altul decât vestul cardinal. La ecuator, această variație de-a lungul orizontului este de 47 de grade. La latitudinea oraşului New York (41 de grade nord, la fel ca la Madrid şi Beijing) variația este de 60 de grade. La latitudinea Londrei (51 de grade

nord) variația ajunge până la 80 de grade. Iar la cercurile polare, Soarele poate răsări de la nord sau de la sud, variația ajungând la 180 de grade.

Luna „răsare” şi ea pe cer alături de Soare. Dacă ați investi ceva mai mult în cercetarea cerului (de pildă, uitându-vă în sus pe timp de zi), ați observa că Luna este vizibilă şi ziua cam la fel de des pe cât este vizibilă noaptea.

Echinocțiul nu are o zi de 12 ore şi o noapte de 12 ore. Uitați-vă la orele de răsărit şi de apus ale primei zile de primăvară sau de toamnă – sunt publicate în ziare. Ziua şi noaptea nu sunt împărțite în două porții egale, de câte 12 ore. În ambele cazuri, câştigă ziua, în funcție de latitudine. La ecuator e mai lungă cu şapte minute, dar la cercurile polare această diferență ajunge până la o jumătate de oră. Care este cauza? Refracția luminii în atmosfera Pământului ne permite să vedem Soarele la orizont cu câteva minute înainte de răsăritul real. La fel se întâmplă şi la apus, când Soarele dispare cu câteva minute mai devreme decât când îl vedem noi. Convenția impune fixarea răsăritului la momentul apariției la orizont a marginii superioare a discului solar, iar apusul la momentul dispariției marginii superioare a discului solar. Problema este că aceste „margini superioare” sunt în părți opuse ale Soarelui, permițând aşadar lungirea duratei zilei cu timpul cu timpul necesar pentru ca întregul disc solar să apară la orizont.

Crucea Sudului se bucură probabil de cea mai mare publicitate dintre toate cele 88 de constelații. Dacă îi ascultăm vorbind despre ea pe cei din emisfera sudică, dacă ascultăm cântecele care îi sunt dedicate şi dacă ne uităm la drapelele unor țări ca Australia, Noua Zeelandă, Samoa de Vest şi Papua Noua Guinee am putea crede că noi, cei din emisfera nordică, suntem lipsiți de vreun spectacol. Nici vorbă. Mai întâi, nu trebuie să călătoriți în emisfera sudică pentru a vedea Crucea Sudului. E vizibilă (chiar dacă mai

jos pe cer) şi de la o latitudine nordică, cum este cea a oraşului Miami, din Florida. Această constelație este cea mai mică de pe cer – cu palma ridicată la o lungime de braț o puteți acoperi complet. Forma ei nu este nici ea prea interesantă. Dacă ar trebui să desenați un dreptunghi după metoda „uneşte punctele", ați avea nevoie de patru stele. Iar dacă ar trebui să desenați o cruce, probabil v-ar mai trebui o a cincea în mijloc pentru a marca punctul de intersecție dintre verticală şi transversală. Dar Crucea Sudului e compusă din numai patru stele şi seamănă mai degrabă cu un zmeu sau cu o cutie turtită. Faima constelației în culturile occidentale se datorează secolelor de dominație ale imaginarului babilonian, caldeean, grec şi roman. Este vorba despre acelaşi imaginar care a dat viață societăților inimaginabil de disfuncționale ale zeilor şi zeițelor. Da, toate erau civilizații din emisfera nordică, ceea ce dă o greutate mitologică redusă constelațiilor de pe cerul sudic (dintre care multe au fost botezate abia în ultimii 250 de ani). În nord avem Crucea Nordului, compusă din toate cele cinci stele pe care le-ar merita o cruce. Formează un subset din constelația mai extinsă Lebăda, care traversează Calea Lactee pe cerul nopții. Lebăda este de aproape douăsprezece ori mai mare decât Crucea Sudului.

Când oamenii cred o poveste care intră în conflict cu realitatea pe care ar putea s-o verifice şi singuri, mi se pare că subevaluează rolul evidenței în formarea propriului sistem de convingeri. Nu mi-e clar de ce se întâmplă asta, dar multora le permite să susțină cu tărie idei bazate pe simple presupuneri. Dar să nu ne pierdem speranța cu totul. Uneori, lumea spune lucruri care sunt adevărate orice-ar fi. Una dintre favoritele mele este expresia „Oriunde te-ai duce, eşti peste tot cu tine", cu corolarul ei budist „Dacă suntem toți aici, atunci nu trebuie să fim în altă parte".

35. TEAMA DE CIFRE

S-ar putea să nu cunoaştem niciodată toată diagrama circuitului pentru toate legăturile electrochimice din creierul uman. Dar un lucru este sigur – nu suntem echipaţi pentru o gândire logică. Dacă am fi fost, matematica ar fi fost cea mai simplă disciplină din şcoală pentru orice persoană cu abilităţi medii.

În acest univers alternativ, matematica ar putea să nu fie predată deloc, pentru că elementele şi principiile ei de bază ar fi evidente chiar şi pentru elevii mai slabi. Dar nicăieri în lume nu se întâmplă asta. Sigur, putem antrena cei mai mulţi oameni să gândească logic o parte din timp, iar pe unii să gândească logic tot timpul. Creierul este un organ extraordinar de flexibil în privinţa asta. Însă oamenii au rareori nevoie de antrenament pentru a-şi exprima emoţiile. Ne naştem plângând şi începem să râdem de la o vârstă fragedă.

Nu ieşim din pântecul mamei enumerând obiectele din jurul nostru. Număratul, de exemplu, nu este înscris în materia noastră cenuşie. Oamenii au fost nevoiţi să inventeze numerele şi să adauge ceva ori de câte ori complexitatea tot mai sporită a vieţii şi a societăţii a creat o nevoie. Într-o lume cu obiecte numărabile, 2 + 3 = 5, dar cât face 2 – 3? Pentru a răspunde la această întrebare altfel decât cu „Nu are sens”, a fost nevoie ca cineva să inventeze o altă parte a numărătorii – numerele negative. Ducând ideea mai departe: ştim cu toţii că jumătate din 10 este 5, dar cât este jumătate din 5? Pentru a da sens acestei întrebări cineva a trebuit să inventeze fracţiile, un alt set de numere. Odată cu progresul pe acest tărâm al numerelor a fost nevoie de şi mai multe invenţii: numere imaginare, iraţionale, transcendentale, complexe, printre altele. Fiecare are aplicaţii specifice, uneori referindu-se exclusiv la lumea fizică pe care am descoperit-o în jurul nostru încă din zorii civilizaţiei.

Cei care studiază universul s-au aflat şi ei prin preajmă încă de la început. Ca membru al acestei (a doua) profesii cu cea mai mare vechime, pot confirma că am adoptat şi că folosim frecvent toate tipurile de numere pentru tot felul de analize celeste. De asemenea, recurgem frecvent la unele dintre cele mai mici şi cele mai mari numere. Această stare de spirit a influenţat până şi vocabularul obişnuit. Când ceva din viaţa socială pare imens, ca datoria naţională, spre exemplu, nu îi spunem „biologic" sau „chimic". Îi spunem „astronomic". Şi nimeni nu poate susţine cu dovezi clare că astrofizicienii se tem de numere.

Cu mii de ani de cultură în spate, ce performanţe are societatea când vine vorba de matematică? Mai exact, ce note le putem da americanilor, membrii celei mai avansate culturi tehnologice din istorie?

Să începem cu avioanele. Oricine se aşază pe un scaun într-un zbor Continental Airlines pare să sufere de frica medievală de numărul 13. Încă nu am văzut un rând 13 în vreunul dintre zboruri. După rândul 12 urmează pur şi simplu 14. Dar când vine vorba de clădiri? 70% din toate clădirile înalte de pe cei cinci kilometri de Broadway din Manhattan nu au etajul al treisprezecelea. Nu am făcut statistici detaliate pentru alte naţiuni, dar din experienţa mea cu clădirile aş putea spune că se întâmplă asta în mai mult de jumătate. Dacă aţi luat liftul într-o astfel de clădire probabil aţi observat că în numărătoarea etajelor după 12 vine 14. Asta se întâmplă deopotrivă în clădirile noi şi în cele vechi. În unele, constructorul s-a jenat să facă asta şi a încercat să-şi ascundă superstiţia făcând două lifturi: unul care merge de la 1 la 12 şi altul care merge de la etajul 14 în sus. Clădirea de apartamente în care am crescut (în Bronx) avea 22 de etaje şi două lifturi, dar în acest caz unul mergea numai la etajele cu număr par, iar celălalt doar la cele nu număr impar. Unul dintre misterele copilăriei mele a fost de

ce liftul care mergea la etajele cu număr impar trecea de la 11 direct la 15, iar celălalt de la 12 la 16. Se pare că în clădirea respectivă nu putea fi sărit un singur etaj fără distrugerea completă a schemei par-impar. Aşa a apărut pauza de două etaje: 13 *şi* 14. Bineînțeles, asta înseamnă că blocul avea, de fapt, 20 de etaje, nu 22.

Într-o altă clădire, care adăpostea o lume subterană însemnată, nivelurile de sub sol erau S, SS, P, PS şi US. Poate au făcut aşa ca să-ți dea ceva de gândit în timp ce mergi cu liftul. Aceste etaje ar fi trebuit să fie numere negative. Pentru inițiați, sunt Subsol, Subsubsol, Parcare, Penultimul subsol şi Ultimul subsol. Nu folosim un astfel de jargon pentru a desemna etajele normale. Imaginați-vă o clădire în care etajele nu sunt 1, 2, 3, 4, 5, ci P, DP, ES, EFS, SSA şi SA, adică, evident, Parter, Deasupra parterului, Etajul de sus, Etajul de foarte sus, Sub sub acoperiş şi Sub acoperiş. În principiu, nu ar trebui să ne temem de numerele negative. Cei ce la Hotel de Rhone din Geneva nu par să aibă această problemă: au etajele – 1 şi – 2. Nici celor de la Hotel National din Moscova nu le este teamă. N-au avut probleme cu botezarea etajelor 0 şi – 1.

Negativismul american în privința numerelor negative poate fi văzut în multe locuri. Un caz moderat al acestui sindrom poate fi observat la vânzătorii de maşini, care în loc să spună că scad 1 000 de dolari din prețul maşinii, spun că „dau banii înapoi”. În rapoartele contabile ale corporațiilor descoperim peste tot frica de semnul minus. Practica obişnuită aici este punerea numerelor negative între paranteză, fără semnul minus. Nu există vreun simbol negativ nicăieri în document. Nici măcar pentru cartea lui Bret Easton Ellis din 1985 (şi filmul din 1987) în care era urmărită căderea în dizgrație a unor adolescenți din Los Angeles, *Mai puțin decât zero*, nu ne-am putea imagina prea uşor un titlu echivalent: *Negativ*.

Dar nu ne ascundem doar de numerele negative, ci şi de zecimale, mai ales în America. Abia de puțin timp Bursa din New York a început să lucreze cu zecimale, nu cu fracții ciudate. Dacă ceva costă 1,50 dolari, de obicei segmentăm şi spunem „un dolar şi cincizeci de cenți". Acest sistem nu este foarte diferit de felul în care erau recitate prețurile în vechiul sistem britanic, care avea oroare de sistemul zecimal şi combina lirele cu şilingii.

Când fiica mea a împlinit 15 luni, am simțit o plăcere perversă spunându-le oamenilor că are „1,25". Se uitau la mine încurcați, cu capul într-o parte, aşa cum fac câinii când aud un sunet ascuțit.

Frica de zecimale este vizibilă şi în modul în care sunt comunicate publicului probabilitățile. De obicei, şansele sunt raportate ca „ceva la 1". Ceea ce are sens pentru aproape toată lumea: cea mai mare cotă de câştig în cursa a noua la Belmont este 28 la 1. Un pariu pe favorit are cota 2 la 1. Dar cota pentru al doilea favorit este 7 la 2. De ce nu are forma „ceva la 1"? Pentru că 7 la 2 ar însemna 3,5 la 1, ceea ce i-ar bulversa pe amatorii de curse care nu stau prea bine cu zecimalele.

Cred că pot trăi foarte bine şi fără zecimale, cu etaje lipsă în clădirile înalte şi cu etaje care au nume în loc de numere. O problemă mai serioasă este capacitatea limitată a minții umane de a înțelege ordinele de mărime ale numerelor mari.

Numărând cu un număr pe secundă, aveți nevoie de 12 zile pentru a ajunge la un milion şi de 32 de ani pentru a ajunge la un miliard. La o mie de miliarde ajungeți în 32 000 de ani, cam tot atât cât a trecut de când oamenii au desenat prima oară pe pereții peşterilor.

Puşi cap la cap, cei o sută de milioane (sau cam aşa) de hamburgeri vânduți de McDonald's ar putea înconjura Pământul de 230 de ori, iar resturile lor ar fi suficiente

pentru a înălța un teanc de la Pământ la Lună şi altul de la Lună la Pământ.

Ultima oară când am verificat, Bill Gates avea 50 de miliarde de dolari. Dacă adultul mediu angajat ar trece pe un trotuar în grabă şi s-ar apleca după 25 de cenți, dar nu şi după 10 cenți, atunci suma corespondentă (relativ la avere) pe care Bill Gates ar trebui s-o ignore ar fi 25.000 de dolari.

Aceste exerciții sunt banale pentru creierul unui astrofizician, dar oamenii obişnuiți nu se gândesc la astfel de lucruri. Cu ce consecințe? Începând din 1969, au fost proiectate şi lansate sonde spațiale care aveau să dea tonul următoarelor două decenii de recunoaştere planetară în sistemul nostru solar. Misiunile Pioneer, Voyager şi Viking fac parte din acea epocă. La fel şi Mars Observer, care a fost pierdută la intrarea în atmosfera marțiană în 1993.

Pentru proiectarea şi construcția fiecărei nave a fost nevoie de ani buni. Fiecare misiune şi-a propus obiective ştiințifice mărețe şi a costat între unul şi două miliarde din banii contribuabililor. După schimbarea administrației în anii 1990, NASA a recurs la paradigma „mai repede, mai ieftin şi mai bine", trecând la o nouă generație de nave spațiale, care costau între 100 şi 200 de milioane de dolari. Spre deosebire de aparatele de zbor anterioare, acestea puteau fi proiectate şi construite rapid şi permiteau misiunilor obiective mai clar definite. Bineînțeles, asta însemna că un eşec al misiunii ar fi fost mai puțin costisitor şi ar fi produs mai puține pagube programului de explorare.

Totuşi, în 1999, două dintre aceste misiuni marțiene mai puțin costisitoare au eşuat, pagubele totale fiind de 250 de milioane de dolari. Reacțiile negative au fost asemănătoare cu cele de după eşecul misiunii Mars Observer. Presa a spus că pierderea este inimaginabilă,

proclamând că ceva nu e în regulă la NASA. Au urmat o investigație şi audieri în Congres.

Nu vreau să apăr eşecul, dar 250 de milioane de dolari nu înseamnă mult mai mult decât costurile pentru producția filmului *Waterworld*, al lui Kevin Costner, care a fost tot un eşec. De asemenea, reprezintă costul pentru menținerea pe orbită timp de două zile a unei navete spațiale şi totodată o cincime din costul misiunii Mars Observer. Fără aceste comparații şi fără precizarea că aceste eşecuri au fost concordante cu paradigma „mai repede, mai ieftin şi mai bine", în care riscurile sunt repartizate între mai multe misiuni, ați crede că un milion este egal cu un miliard şi cu o mie de miliarde.

Nimeni nu a spus că pierderea de 250 de milioane reprezintă mai puțin de un dolar pentru fiecare cetățean american. Bani care pot fi găsiți sub formă de cenți chiar şi pe străzile pline de oameni prea ocupați ca să se aplece după ei.

36. DESPRE PERPLEXITATE

S-ar putea să fie nevoie de a atrage şi a fideliza cititorii. Poate că publicului îi place să ştie care sunt ocaziile în care oamenii de ştiinţă n-au habar de ceva. Dar cum se face că cei care scriu despre ştiinţă nu pot redacta un articol despre univers fără să spună că astrofizicianul pe care l-au intervievat a rămas „perplex" în faţa ultimelor noutăţi din cercetare?

Perplexitatea ştiinţifică îi atrage atât de mult pe jurnalişti, încât, în ceea ce s-ar putea să fie o premieră în reportajele de presă cu caracter ştiinţific, în august 1999, *New York Times* a raportat într-un editorial de prima pagină că în univers există un obiect al cărui spectru este un mister (Wilford 1999). Astrofizicienii erau şocaţi. În ciuda calităţii datelor (observaţiile fuseseră făcute cu telescopul Keck din Hawaii, cel mai puternic observator optic din lume), obiectul nu putea fi niciuna dintre varietăţile cunoscute de planete, stele sau galaxii. Imaginaţi-vă un biolog care analizează secvenţa genomului unei specii proaspăt descoperite şi nu poate spune dacă e plantă sau animal. Din cauza acestei ignoranţe elementare, articolul de 2 000 de cuvinte nu conţinea nicio analiză, nicio concluzie, nicio urmă de ştiinţă.

În cazul de faţă, obiectul a fost identificat în cele din urmă ca fiind o galaxie ciudată, dar deloc remarcabilă. Nu înainte însă ca milioane de cititori să fi fost expuşi unei parade de astrofizicieni renumiţi care spuneau „Nu ştiu ce este". Astfel de raportări sunt tot mai dese şi reprezintă cât se poate de greşit ceea ce gândim. Dacă autorul ar fi vrut să spună întregul adevăr, ar fi trebuit să scrie că *toţi* astrofizicienii rămân perplecşi *în fiecare zi*, chiar dacă cercetările lor ajung sau nu în ziare.

Oamenii de ştiinţă nu pot susţine că au ajuns la frontiera cercetării dacă nu sunt perplecşi. Perplexitatea este motorul descoperirii.

Richard Feynman, celebrul fizician al secolului XX, a remarcat modest că a-ți explica legile fizicii e totuna cu a privi un joc de şah fără să ştii dinainte regulile. Mai rău este, după cum spunea tot el, că nu ai ocazia să vezi mişcările într-o secvență de mutări consecutive. Poți doar să tragi cu ochiul din când în când pe parcursul unei partide. Cu acest handicap intelectual, ai sarcina de a deduce regulile şahului. În cele din urmă, s-ar putea să observi că nebunii se deplasează doar pe câmpuri de aceeaşi culoare. Sau că pionii nu se mişcă prea repede. Ori că regina este piesa de care se tem toate celelalte. Dar ce se întâmplă la finalul partidei, când nu mai sunt decât câțiva pioni? Să presupunem că ne întoarcem şi vedem că a dispărut unul dintre pioni şi în locul lui a apărut o regină. Încercați să explicați aşa ceva. Cei mai mulți oameni de ştiință sunt de acord că, oricum ar arăta în ansamblul lor, regulile universului sunt mult mai complexe decât ale şahului, aşa că rămân un izvor nesecat de perplexitate.

Am aflat de curând că nu toți oamenii de ştiință rămân perplecşi la fel de des ca astrofizicienii. Asta ar putea însemna că aceştia din urmă sunt mai proşti decât ceilalți oameni de ştiință, dar cred că puțini vor îndrăzni să susțină aşa ceva. Cred că perplexitatea astrofizică e dată de dimensiunile şi complexitățile fabuloase ale structurii cosmosului. Dacă ne gândim la acest etalon, astrofizicienii au foarte multe în comun cu neurologii. Oricare dintre aceştia o să vă spună, fără ezitare, că ce nu ştie despre mintea umană depăşeşte cu mult ceea ce ştie. De aia apar în fiecare an atât de multe cărți de popularizare despre univers şi despre conştiință – nimeni n-a descoperit totul. Am putea include în acest club al ignoranței şi meteorologii. În atmosfera planetei se întâmplă atâtea lucruri care pot influența vremea, încât e o minune dacă meteorologii pot

prezice un fenomen destul de exact. Prezentatorii de la buletinul meteo din programul serii sunt singurii de la care aşteptăm cu adevărat predicţii. Se străduiesc să nimerească, dar, până la urmă, tot ce pot face este să-şi cuantifice perplexitatea în formule ca „50% şanse de ploaie”.

Un lucru e sigur: cu cât ați fost mai perplex în viață, cu atât vă este mintea mai deschisă spre idei noi. Am remarcat asta pe propria piele.

Într-o apariție la emisiunea publică *Charlie Rose,* am fost plantat alături de un bine-cunoscut biolog pentru a discuta şi evalua dovezile privitoare la viața extraterestră descoperită în străfundurile astăzi celebrului meteorit marțian ALH-84001. Acest călător interplanetar în formă şi cu dimensiuni de cartof a fost aruncat de pe suprafața lui Marte după impactul cu un meteorit mai sănătos, cam în acelaşi fel în care ar fi aruncați pufuleții de pe pat când săriți în el. Meteoritul marțian a călătorit prin spațiul interplanetar zeci de milioane de ani, s-a prăbuşit în Antarctica şi a rămas îngropat în gheață vreo 10 000 de ani, până când a fost descoperit, în 1984.

Lucrarea originală de cercetare din 1996 a lui David McKay şi a colegilor lui prezenta un şir de dovezi circumstanțiale. Fiecărui obiect i se poate asocia un proces nonbiogenic. Dar dacă le punem pe toate la un loc, putem susține că pe Marte a existat cândva viață. Una dintre cele mai interesante – deşi nulă ştiinţific – dovezi ale lui McKay a fost o simplă fotografie a rocii respective făcută cu un microscop foarte puternic. În imagine se vedeau nişte lucruri minuscule asemănătoare cu nişte viermi, care aveau o dimensiune de mai puțin de o zecime din cel mai mic vierme descoperit pe Pământ. Am fost (şi încă mai sunt) entuziasmat de aceste descoperiri. Dar colegul meu biolog din emisiune s-a arătat sceptic, folosind argumente. După ce a intonat mantra lui Carl Sagan – „afirmațiile

extraordinare au nevoie de dovezi extraordinare” –, a declarat că acel lucru asemănător cu un vierme nu poate fi viață, fiindcă nu există nicio urmă de țesut celular şi pentru că e mai mic decât orice formă de viață cunoscută de pe Pământ.

Pardon?

Parcă era vorba despre viața marțiană, nu despre cea de pe Pământ, pe care dumnealui era obişnuit să o cerceteze în laborator. Nu-mi pot imagina o afirmație care să demonstreze o mai mare îngustime a minții. Sau poate eram eu prea deschis la minte, într-un mod iresponsabil chiar? Este, într-adevăr, posibil să fii atât de deschis la minte încât facultățile mentale importante să-ți zboare din cap, aşa cum li se întâmplă celor care cred, fără să se îndoiască o clipă, rapoartele despre farfurii zburătoare şi răpiri făcute de extratereştri. Cum se face că creierul meu este atât de diferit de al unui biolog? Am fost amândoi la facultate, apoi am urmat şcoala doctorală şi ne-am luat doctoratul în disciplina studiată, dedicându-ne apoi viața metodelor şi instrumentelor de cercetare. Poate că nu trebuie să căutăm prea mult un răspuns. Atât public, cât şi între ei, biologii preamăresc diversitatea vieții pe Pământ pornind de la minunatele variații produse prin selecție naturală şi exprimate în diferențe între ADN-ul speciilor. Totuşi, la final, confesiunea lor nu e auzită de nimeni: lucrează cu o singură mostră ştiințifică – viața de pe Pământ.

Sunt în stare să pariez pe aproape orice că viața de pe altă planetă, dacă a apărut independent de viața de pe Pământ, prezintă o diferență față de viața terestră mai mare decât diferența dintre oricare două specii cunoscute de noi. Pe de altă parte, obiectele, schemele de clasificare şi datele astrofizicienilor sunt luate din întregul univers. Din acest motiv foarte simplu se întâmplă foarte des ca astrofizicienii

să fie obligați să gândească deschis. Şi uneori gândim atât de deschis încât ieşim cu totul din tipare.

Ne-am putea întoarce pentru exemple în vremurile de demult, dar nu este nevoie. E suficient să facem un pas înapoi în secolul XX. Multe dintre aceste cazuri au fost deja discutate.

Chiar când am considerat că ne putem uita liniştiți în sus la un univers care funcționează precum ceasul, scăldați în legile deterministe ale fizicii clasice, Max Planck, Werner Heisenberg şi alții n-au avut altceva mai bun de făcut şi au descoperit mecanica cuantică, demonstrând că la dimensiuni foarte mici universul este inerent nondeterminist, chiar dacă restul lui nu este aşa.

Când am crezut că putem vorbi despre stelele de pe cerul nopții ca despre întregul univers cunoscut, Edwin Hubble n-a avut de lucru şi a descoperit că toate chestiile spiralate de pe cer sunt galaxii externe – veritabile „insule de univers" – care rătăcesc mult dincolo de stelele Căii Lactee.

Tocmai când credeam că ştim care sunt mărimea şi forma cosmosului nostru presupus etern, Edwin Hubble a descoperit că universul se află în expansiune şi că universul galactic se întinde până unde putem vedea cu cele mai puternice telescoape. O consecință a acestei descoperiri a fost acceptarea ideii că există un început al cosmosului – de neimaginat pentru oricare dintre oamenii de ştiință ai generațiilor precedente.

Când am crezut că teoriile relativității ale lui Einstein ne permit să explicăm toată gravitația din univers, astrofizicianul Fritz Zwicky, de la CalTech, a descoperit materia întunecată, o substanță misterioasă care produce 90% din toată gravitația universului, dar nu emite lumină şi nu interacționează cu materia obişnuită. Chestia asta încă mai este un mister pentru noi. Fritz Zwicky a mers mai departe, identificând şi catalogând o clasă de obiecte din

univers numite „supernove”, nişte stele singuratice explozive care emit temporar o energie de o sută de miliarde de ori mai mare decât a Soarelui.

Nu mult după ce am descoperit trăsăturile exploziilor-supernove, cineva a identificat nişte izbucniri de raze gamma la marginea universului. Acestea întreceau temporar în strălucire toate obiectele emiţătoare de energie din restul universului luate la un loc.

Şi tocmai când ne obişnuiserăm cu ignoranţa noastră cu privire la adevărata natură a materiei întunecate, două grupuri de cercetători care lucrau independent – unul condus de astrofizicianul de la Berkeley Saul Perlmutter şi altul condus de astrofizicienii Adam Reiss şi Brian Schmidt – au descoperit că universul nu numai că este în expansiune, dar pe deasupra prinde şi viteză. Cauza? Dovezile indică prezenţa în vidul spaţial a unei presiuni care acţionează în direcţie opusă gravitaţiei şi care rămâne un mister chiar mai mare decât materia întunecată.

Desigur, acestea sunt doar câteva dintre nenumăratele fenomene uimitoare şi stupefiante care le-au dat de lucru astrofizicienilor în ultima sută de ani. M-aş putea opri aici, dar nu vreau să fiu atât de neglijent încât să nu includ în listă descoperirea stelelor neutronice, care au o masă echivalentă cu a Soarelui închise într-o minge cu un diametru de numai 15 kilometri. Ca să obţineţi o astfel de densitate acasă e suficient să înghesuiţi 50 de milioane de elefanţi într-un degetar.

Fără îndoială, mintea mea nu funcţionează ca a unui biolog, de unde rezultă că reacţiile diferite în faţa dovezilor privitoare la viaţa pe Marte găsite în meteorit sunt de înţeles, dacă nu chiar de aşteptat.

Dar nu vreau să vă las impresia că ceea ce fac cercetătorii ştiinţifici seamănă cu zbaterea confuză prin coteţ a unei găini proaspăt decapitate. Trebuie să ştiţi că

există un corpus impresionant de cunoştinţe în faţa cărora oamenii de ştiinţă nu rămân perplecşi. Acestea dau conţinutul manualelor pentru studii superioare şi reprezintă perspectiva unanim acceptată asupra modului în care funcţionează universul. Sunt idei atât de bine înţelese, încât nu mai reprezintă subiecte de cercetare interesante şi nici vreo sursă de confuzie.

Am condus odată discuţiile dintr-o conferinţă despre „teoria tuturor lucrurilor" – nişte încercări visătoare de a pune sub o singură umbrelă toate forţele naturii. Pe scenă erau cinci fizicieni distinşi şi bine-cunoscuţi. Pe la jumătatea dezbaterii, a fost cât pe ce să fiu nevoit să împiedic o bătaie când unul dintre invitaţi părea gata să dea cu pumnul. Nu m-a deranjat. Morala este că, dacă vedeţi vreodată oameni de ştiinţă angajaţi într-o dezbatere aprinsă, se ceartă pentru că sunt cu toţii perplecşi. Fizicienii de care am pomenit se certau pe meritele şi neajunsurile teoriei corzilor, nu pe certitudinea faptului că Pământul gravitează în jurul Soarelui, că inima pompează sânge în creier sau că ploaia cade din nori.

37. URME ÎN NISIPURILE ŞTIINŢEI

Dacă vizitați magazinul de suvenire al Planetariului Hayden din New York, o să găsiți la vânzare tot felul de accesorii care au legătură cu spațiul. Există acolo toate lucrurile obişnuite – modele din plastic ale navetelor spațiale şi ale Stației Spațiale Internaționale, magneți pentru frigider cu imagini din cosmos, pixuri spațiale –, dar şi dintre cele neobişnuite: înghețată deshidratată pentru astronauți, Monopoly astronomic, solnițe în formă de Saturn. Şi asta ca să nu mai vorbesc de gume de şters sub formă de Telescop Hubble, bulgări marțieni şi viermişori spațiali comestibili. Bineînțeles, v-ați aştepta ca acolo să existe astfel de chestii. Dar se petrec şi lucruri mai profunde. Magazinul oferă toate mărturiile vizibile ale ultimei jumătăți de secol de descoperiri ştiințifice americane.

În secolul XX, astrofizicienii americani au descoperit galaxiile, extinderea universului, natura supernovelor, quasarii, găurile negre, exploziile de raze gamma, originea elementelor, fundalul cosmic de radiații cu microunde şi majoritatea planetelor care gravitează în sistemul solar în afară de a noastră. Chiar dacă ruşii au ajuns în vreo două locuri înaintea noastră, noi am trimis sonde spațiale pe Mercur, Venus, Jupiter, Saturn, Uranus şi Neptun. Sonde americane au asolizat pe Marte şi pe asteroidul Eros, iar astronauții americani au păşit pe Lună. Astăzi, tuturor americanilor aceste fapte li se par ceva obişnuit, ceea ce reprezintă practic o definiție funcțională a culturii: ceva ce face sau ştie toată lumea, dar nu mai observă.

Când fac cumpărături la supermarket, majoritatea americanilor nu sunt surprinşi de faptul că găsesc rafturi întregi de cereale pentru micul dejun pline de zahăr şi gata preparate. Dar străinii observă asta imediat, aşa cum americanii care pleacă în vacanță observă în supermarketurile din Italia multe tipuri de paste sau în cele din China şi Japonia o varietate uriaşă de orez. Reversul

ignorării propriei culturi este plăcerea călătoriilor în străinătate: îți dai seama ce nu ai observat în propria țară şi îți sar în ochi lucruri la care locuitorii altor țări nu mai sunt atenți.

Snobilor din alte țări le place să-i ia peste picior pe americani pentru istoria lor scurtă şi pentru lipsa de civilizație, mai ales când compară toate astea cu moştenirile de milenii din Europa, Africa şi Asia. Dar, peste 500 de ani, istoricii vor spune cu siguranță că secolul XX a fost unul american, cel în care descoperirile americane din ştiință şi tehnologie s-au clasat în vârful listei de realizări ale omenirii.

Bineînțeles că Statele Unite nu au fost dintotdeauna pe prima treaptă a scării ştiinței. Nu există garanția – şi nici măcar nu este probabil – că supremația americană o să continue. Pe măsură ce capitalele ştiinței şi tehnologiei se mută dintr-o țară în alta, ridicându-se astăzi şi prăbuşindu-se mâine, fiecare cultură îşi lasă amprenta asupra încercării continue a speciei noastre de a înțelege universul şi locul nostru în el. Când istoricii îşi scriu povestirile despre aceste evenimente din lume, urmele prezenței unei națiuni în mijlocul scenei ies în evidență la scara întregii civilizații.

Modul în care o națiune îşi lasă amprenta asupra ştiinței este influențat de foarte mulți factori. Contează forța elitei conducătoare. La fel şi accesul la resurse. Dar mai e nevoie şi de altceva – ceva mai puțin tangibil, dar care are puterea de a face o întreagă națiune să-şi concentreze capitalul emoțional, cultural şi intelectual asupra creării unor insule de excelență în lume. Cei care trăiesc în astfel de vremuri consideră adesea că ce au creat este normal, presupunând orbeşte că lucrurile vor continua să stea aşa pentru totdeauna şi dând fără să vrea posibilitatea ca

realizările lor să fie abandonate chiar de cultura care le-a creat.

Începând de prin anul 700, următoarele patru secole – în care fanaticii creştini europeni îi făceau bucăţi pe eretici – Califatul Abasizilor a creat în lumea islamică un centru înfloritor al artelor, ştiinţelor şi medicinei, în oraşul Bagdad. Astronomii şi matematicienii musulmani au construit observatoare, au proiectat instrumente avansate pentru măsurarea timpului şi au găsit metode noi de analiză şi calcul în matematică. Au păstrat operele ştiinţifice ale anticilor greci şi le-au tradus în arabă. Au colaborat cu învăţaţii creştini şi evrei. Iar Bagdadul a devenit centrul iluminării. În acele vremuri, araba era lingua franca a ştiinţei.

Influenţa contribuţiilor islamice la ştiinţe se păstrează până în zilele noastre. De exemplu, traducerea arabă a principalei opere a lui Ptolemeu asupra universului geocentric (scrisă în greacă pe la 150 d.Hr.) era atât de răspândită, încât este cunoscută şi azi după numele arab, *Almageste*, sau „Maxima”.

Matematicianul şi astronomul Muhammad ibn Musa al Khwarizmi ne-a lăsat cuvintele „algoritm” (după numele lui) şi „algebră” (de la expresia *al-jabr* din titlul cărţii sale de calcule algebrice). Iar sistemul de numeraţie actual – 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 –, de origine indiană, nu era nici obişnuit şi nici larg răspândit înainte ca matematicienii musulmani să-l exploateze. Mai mult, musulmanii au inventat cifra zero, care nu existase nici la romani şi nici în vreun alt sistem de numeraţie. Astăzi, din motive bine întemeiate, aceste zece semne se numesc „cifre arabe”.

Astrolabul portabil cu incrustaţii ornamentale a fost făcut tot de musulmani, după nişte prototipuri antice, şi a devenit atât o operă de artă, cât şi un instrument

astronomic. Astrolabul proiectează bolta cerească pe o suprafață plană şi are o mulțime de rotițe fixe sau rotitoare – o maşinărie complicată care seamănă cu ceasul bunicului. Le permite astronomilor şi navigatorilor să măsoare poziția Lunii şi a stelelor de pe cer, iar din aceste informații se poate deduce ora – un lucru util în general, dar mai ales când vine vremea rugăciunii. Astrolabul era atât de popular şi de influent ca legătură terestră cu cosmosul, încât până în zilele noastre aproximativ două treimi dintre cele mai strălucitoare stele de pe cerul nopții îşi păstrează numele arabe.

De obicei, aceste nume sunt denumiri ale părților anatomice ale constelației descrise. Câteva celebre sunt Rigel (*Al Rijl*, „picior") şi Betelgeuse (*Yah al Jauza*, „mâna celui mare"), cele mai strălucitoare stele din constelația Orion, Altair (*Al-Ta'ir*, „cel ce zboară"), cea mai strălucitoare stea din constelația Vulturul, şi steaua binară Algol (*Al-Ghul*, „demonul"), a doua cea mai strălucitoare stea din constelația Perseus, care face trimitere la ochiul clipitor al capului retezat al Meduzei ridicat de Perseus. Printre cele mai puțin celebre, sunt două cele mai strălucitoare stele din constelația Balanța, care în zilele de glorie ale astrolabului era considerată parte a constelației Scorpionul: Zubenelgenubi (*Az-Zuban al-Janubi*, „gheara de sud") şi Zebueneschamali (*Az-Zuban ash-Shamali*, „gheara de nord"). Acestea sunt cele mai vechi nume de stele.

După secolul al XI-lea, influența ştiințifică a lumii islamice nu a mai ajuns niciodată la anvergura din acele patru secole. Fizicianul pakistanez Abdus Salam, primul musulman care a primit Premiul Nobel, se plângea:

> *Nu încape îndoială că, între toate civilizațiile de pe planetă, cea islamică are cea mai slabă ştiință. Pericolele acestei slăbiciuni nu sunt niciodată accentuate îndeajuns, de vreme ce supraviețuirea onorabilă a*

societății depinde astăzi în mod direct de puterea ştiințifică şi tehnologică. (Hassan şi Lui 1984, p. 231)

O mulțime de alte națiuni s-au bucurat de perioade de fertilitate ştiințifică. Gândiți-vă la Marea Britanie şi la baza sistemului de longitudini al Pământului. Primul meridian este linia care separă pe glob estul geografic de vest. Definit ca zero grade longitudine, acesta desparte în două baza telescopului de la Observatorul din Greenwich, o suburbie londoneză de pe malul fluviului Tamisa. Această linie nu trece prin New York. Nici prin Moscova sau Beijing. Greenwich a fost ales în 1884 de un consiliu internațional de experți care s-au întâlnit la Washington special pentru asta.

La sfârşitul secolului al XIX-lea, astronomii de la Observatorul Regal Greenwich – fondat în 1675 şi aflat, bineînțeles, în Greenwich – au acumulat şi catalogat informațiile despre pozițiile exacte ale stelelor culese de-a lungul unui secol. Astronomii de la Greenwich au folosit un telescop obişnuit, dar cu o construcție specială, care îl face să se mişte pe un arc meridional care leagă nordul cardinal şi sudul cardinal de zenitul observatorului. Deoarece nu urmăreşte mişcarea de la est la vest a stelelor, observatorul se deplasează în ritmul rotației Pământului. Cunoscut oficial ca „instrument de tranzit”, un astfel de telescop permite determinarea exactă a momentului în care o stea trece prin câmpul vizual. De ce? „Longitudinea” unei stele pe cer este momentul de pe ceasul sideral în care o stea trece de un meridian. Astăzi, ne potrivim ceasurile după ceasurile atomice, dar pe vremuri nu exista niciun reper temporal mai exact decât mişcarea de rotație a Pământului. Şi nu aveam un mijloc mai bun de a înregistra această mişcare decât poziția stelelor deasupra capului. Şi nimeni nu măsura mai bine decât astronomii de la Greenwich poziția respectivă.

În secolul al XVII-lea, Marea Britanie a pierdut multe nave pe mare din cauza problemelor de navigație iscate de necunoaşterea longitudinii exacte. Un astfel de accident extrem de tragic a avut loc în 1707, când flota britanică de sub comanda viceamiralului Sir Clowdesley Shovell a eşuat în Insulele Scilly, la vest de Cornwall, pierzând patru nave şi 2 000 de oameni. Hotărâtă, Anglia a format un Consiliu pentru longitudine, care a oferit o grasă recompensă de 20 000 de lire primei persoane care avea să proiecteze un cronometru utilizabil pe mare. Un astfel de instrument pentru măsurarea timpului era destinat să joace un rol important în întreprinderile militare şi comerciale deopotrivă. Sincronizat cu ora de la Greenwich, un astfel de cronometru putea determina cu mare precizie longitudinea unei nave. Nu era nevoie decât să scazi ora locală (obținută după poziția Soarelui sau a stelelor) din ora arătată de cronometru. Diferența dintre cele două este longitudinea estică sau vestică față de primul meridian.

În 1735, concursul inițiat de Consiliul pentru longitudine a avut drept rezultat un ceas care putea fi ținut în palmă, proiectat şi construit de mecanicul John Harrison. Foarte important pentru navigatori, cronometrul lui Harrison a fost numit „ceas”.

Dat fiind sprijinul susținut al Angliei pentru realizările din astronomie şi din domeniul instrumentelor de navigație, Greenwich a fost considerat meridianul zero. Această decizie a plasat meridianul de schimbare a datei (180 de grade față de primul meridian) în mijlocul pustiului, de cealaltă parte a globului, în Oceanul Pacific. Nicio țară din lume nu este împărțită între datele a două zile consecutive, aşa că nu poate rămâne în urma ei înseşi în calendar.

Dacă englezii şi-au pus definitiv amprenta asupra coordonatelor spațiale ale globului, sistemul de coordonate

temporale (calendarul solar) este produsul unei investiții în ştiință a Bisericii Catolice. Interesul instituției nu era vreo descoperire cosmică, ci nevoia de a păstra data Paştelui la începutul primăverii. Şi această nevoie s-a dovedit atât de mare încât Papa Grigore al XIII-lea a pus bazele Observatorului Vatican, unde a repartizat iezuiți eruditi care au urmărit şi măsurat trecerea timpului cu o exactitate fără precedent. S-a hotărât ca dată a Paştelui prima duminică de după prima lună plină de după echinocțiul de primăvară (pentru a împiedica posibilitatea ca Joia Mare, Vinerea Mare şi duminica Paştelui să cadă într-o zi specială din calendarul altor religii). Această regulă funcționează atâta vreme cât prima zi de primăvară rămâne în martie, acolo unde îi este locul. Dar calendarul iulian, stabilit de Roma lui Iulius Cezar, a fost suficient de inexact pentru ca în secolul al XVI-lea să acumuleze zece zile în plus, făcând ca prima zi de primăvară să fie 1 aprilie, nu 21 martie. Ziua în plus din anul bisect, o caracteristică principală din calendarul iulian, a corectat prea mult timpul, împingând încet Paştele spre o dată mai târzie.

În 1582, când toate studiile şi analizele erau complete, Papa Grigore a şters cele 10 zile insultătoare din calendarul iulian şi a decretat că după 4 octombrie urmează 15 octombrie. Iar Biserica a făcut o ajustare: anul care marchează sfârşitul secolului dar nu este divizibil cu 400 nu este bisect. În felul acesta s-a corectat excesul de corecție din calendarul iulian.

Acest calendar „nou, gregorian” a fost ajustat şi mai mult în secolul XX, pentru a deveni mai precis şi a păstra acuratețea calendarului dumneavoastră de perete timp de zeci de mii de ani. Niciodată nu am avut un calendar atât de precis. Statele inamice ale Bisericii Catolice (cum erau Anglia protestantă şi progenitura ei rebelă, coloniile americane) au adoptat mai greu schimbarea, dar în cele din

urmă toată lumea civilizată, inclusiv culturile care se bazau pe un calendar lunar, au adoptat calendarul gregorian ca standard internațional pentru afaceri, comerț şi politică.

De la naşterea Revoluției Industriale, contribuțiile europene la ştiință şi tehnologie s-au înrădăcinat atât de bine în cultura occidentală, încât s-ar putea să fie nevoie de o privire din afară pentru a le observa pe toate. Revoluția a reprezentat un mare pas înainte pentru înțelegerea energiei, permițându-le inginerilor să viseze la moduri de a o converti dintr-o formă în alta. În cele din urmă, Revoluția avea să ducă la înlocuirea forței umane cu forța maşinilor, îmbunătățind spectaculos productivitatea națiunilor şi distribuind mai apoi bunăstarea în lume.

Limbajul energiei este bogat în nume ale oamenilor de ştiință care au contribuit la acest efort. James Watt, inginerul scoțian care a perfecționat motorul cu aburi în 1765, poartă numele cel mai cunoscut în afara cercurilor de ingineri şi oameni de ştiință. Numele lui de familie sau cel puțin inițiala se găseşte pe aproape orice bec. Numărul de wați ai unui bec reprezintă măsura ritmului în care acesta consumă energie, iar consumul este corelat cu luminozitatea. Watt a lucrat la motoarele cu abur la Universitatea din Glasgow, care, la acea vreme, era unul dintre cele mai fertile centre de inovații inginereşti.

Fizicianul englez Michael Faraday a descoperit în 1831 inducția electromagnetică, ceea ce a permis crearea primului motor electric. Faradul, care măsoară capacitatea dispozitivului de a stoca sarcină electrică, nu reprezintă probabil o recompensă pe măsură pentru contribuția acestui fizician la progresul ştiințific.

Fizicianul german Heinrich Hertz a descoperit în 1888 undele electromagnetice. Acestea au permis comunicarea prin radio. Numele său supraviețuieşte ca unitate de

frecvență, împreună cu derivatele metrice: „kilohertz”, „megahertz”, „gigahertz”.

De la fizicianul italian Alessandro Volta avem voltul, o unitate a tensiunii electrice. De la fizicianul francez André-Marie Ampère avem unitatea de intensitate a curentului electric cunoscută ca „amper”. De la fizicianul britanic James Prescott Joule avem joulul, unitatea de măsură a energiei. Iar lista continuă...

Cu excepția lui Benjamin Franklin şi a experimentelor lui neobosite cu electricitatea, Statele Unite ca națiune au privit acest capitol fertil al realizărilor umanității de la distanță, preocupate mai degrabă de câştigarea independenței față de Anglia şi de exploatarea sclavilor. Astăzi, aducem un omagiu acestui lucru în serialul original *Star Trek*. Scoția este țara de origine a Revoluției Industriale şi totodată numele inginerului-şef de pe nava Enterprise. „Scotty”, desigur.

La sfârşitul secolului al XVIII-lea, Revoluția Industrială era în plin avânt, dar în acelaşi stadiu era şi Revoluția franceză. Francezii au folosit ocazia pentru a scăpa nu doar de regalitate; au introdus sistemul metric pentru standardizarea măsurătorilor, care dădea bătăi de cap ştiinței şi comerțului deopotrivă. Membrii Academiei Franceze de Ştiințe au fost primii care s-au ocupat de măsurarea formei Pământului şi au determinat cu mândrie că este un sferoid turtit. Pornind de la aceste cunoştințe, au definit metrul ca fiind a zece milioana parte din distanța la sol între Polul Nord şi Ecuator pe un meridian care trece prin... Paris. Această măsură a lungimii a fost standardizată ca depărtarea dintre două semne incrustate pe o bară din aliaj de platină şi iridiu. Francezii au inventat şi alte standarde zecimale, care, în cele din urmă – cu excepția timpului şi unghiurilor –, au fost adoptate de toate națiunile civilizate ale lumii, mai puțin Statele Unite, Liberia, o țară

din vestul african, şi Myanmar, o naţiune tropicală foarte instabilă politic. Materialele originale folosite pentru reuşita acestui efort metric sunt păstrate la Biroul Internaţional de Măsuri şi Greutăţi, situat, bineînţeles, în apropierea Parisului.

Începând de la sfârşitul anilor 1930, America a devenit centrul activităţii în fizica nucleară. O mare parte din capitalul intelectual provenea din exodul oamenilor de ştiinţă din Germania nazistă. Dar capitalul financiar venea de la Washington, şi aşa a început cursa pentru înfrângerea lui Hitler şi construirea bombei atomice. Efortul coordonat pentru producerea bombei s-a numit Proiectul Manhattan, deoarece primele cercetări au fost făcute în Manhattan, în Laboratoarele Pupin de la Universitatea Columbia.

Investiţiile din timpul războiului le-au adus fizicienilor uriaşe beneficii pe timp de pace. Până în anii 1980, acceleratoarele americane erau cele mai mari şi mai productive din lume. Aceste piste de curse ale fizicii sunt ferestre către comportamentul şi structurile fundamentale ale materiei. Creează raze de particule subatomice, le accelerează până la o viteză apropiată de a luminii cu ajutorul unui câmp electric inteligent configurat şi le ciocnesc de alte particule, făcându-le ţăndări. Căutând prin fărâmele obţinute astfel, fizicienii au descoperit urmele multor particule noi, şi chiar noi legi ale fizicii.

Laboratoarele de fizică nucleară din America sunt celebre pe bună dreptate. Chiar şi cei care nu le au cu fizica pot recunoaşte cele mai importante nume: Los Alamos, Lawrence Livermore, Brookhaven, Lawrence Berkeley, Laboratoarele Fermi, Oak Ridge. Fizicienii din aceste locuri au descoperit particule noi, au izolat elemente noi, au conturat un model teoretic al fizicii particulelor şi au primit pentru asta Premii Nobel.

Amprenta americană din acea epocă a fizicii este foarte vizibilă la coada grea a tabelului periodic. Elementul numărul 95 se numeşte „americiu”, 97 se numeşte „berkeliu”, 98 este „californiu”, 103 este „lawrenţiu” – după Ernest O. Lawrence, fizicianul american care a inventat acceleratorul de particule –, iar numărul 106 este „seaborgiu”, de la Glenn T. Seaborg, fizicianul american în al cărui laborator de la Universitatea Berkeley din California s-au descoperit zece elemente mai grele decât uraniul.

Acceleratoarele tot mai mari ajung la energii tot mai mari, forţând graniţa tot mai restrânsă dintre ceea ce ştim şi ceea ce nu ştim despre univers. Teoria cosmologică a Big Bangului afirmă că universul a fost cândva o supă foarte mică şi foarte fierbinte de particule subatomice încărcate cu energie. Cu ajutorul unui megaspărgător de particule, fizicienii ar putea simula primele momente ale cosmosului. În anii 1980, când fizicienii americani au propus construirea unui astfel de accelerator, Congresul s-a arătat dispus să-l finanţeze. Departamentul pentru Energie era pregătit să supravegheze construcţia. Au fost schiţate planurile. A început construcţia. Tunelul circular de 80 de kilometri (dimensiune egală cu a şoselei de centură a oraşului Washington) a fost săpat în Texas. Fizicienii abia aşteptau să tragă cu ochiul dincolo de frontiera cosmică. Dar în 1993, când costuri excedentare au părut insuportabile, un Congres frustrat fiscal a retras fondurile de 11 miliarde de dolari. Probabil că aleşilor noştri nu le-a trecut niciodată prin minte că, anulând proiectul respectiv, renunţă la supremaţia americană în domeniul fizicii experimentale a particulelor.

Dacă vreţi să vedeţi următoarea frontieră, urcaţi într-un avion spre Europa, unde s-a profitat de ocazie pentru construirea celui mai mare accelerator de particule din lume

şi pentru a se asigura locul fruntaş în bătătlia progresului cunoaşterii cosmice. Marele Accelerator de Hadroni este administrat de Centrul European pentru Fizica Particulelor (cunoscut după acronimul CERN, care nu se mai potriveşte cu numele). Chiar dacă există şi colaboratori americani, Statele Unite ca națiune vor privi de la distanță activitatea de acolo, aşa cum au făcut-o înainte atâtea alte națiuni.

38. SĂ SE FACĂ ÎNTUNERIC!

Astrofizica este una dintre cele mai umile discipline. Uluitoarele dimensiuni ale universului ne dezumflă egoul în fiecare zi şi ne lasă la mila unor forţe incontrolabile. O simplă seară cu cer acoperit – care nu pune capăt niciunei alte activităţi umane – ne poate împiedica să facem observaţii cu un telescop pentru funcţionarea căruia este nevoie de 20 000 de dolari pe noapte, indiferent de vreme. Suntem observatori pasivi ai cosmosului, culegând date când, unde şi cum ni le dezvăluie natura. Pentru cunoaşterea cosmosului avem nevoie de ferestre către univers necețoase, nepătate şi nepoluate. Dar răspândirea a ceea ce numim „civilizaţie" şi ubicuitatea asociată tehnologiei moderne intră în conflict cu această misiune. Dacă nu facem ceva în privinţa asta, în curând oamenii o să cufunde Pământul într-o strălucire de fond care o să facă imposibil accesul la frontierele descoperirilor cosmice.

Cea mai evidentă şi mai întâlnită formă de astropoluare este iluminatul public. Adesea, becurile de iluminat public pot fi văzute din avion, ceea ce înseamnă că nu luminează doar străzile de sub ele, ci şi restul universului. Lămpile care nu redirecţionează lumina în jos sunt cele mai păcătoase. Municipalităţile care aleg astfel de lămpi trebuie să plătească mai mult curent, pentru că lumina e distribuită în toate direcţiile. Lumina risipită pe cerul nopţii a făcut ca multe dintre zonele populate să fie nepotrivite pentru cercetarea astronomică. La simpozionul „Păstrarea cerului astronomic" din 1999 participanţii au cârtit pe bună dreptate împotriva restrângerii zonelor de cer întunecat pe tot globul. O lucrare a arătat că Viena plăteşte anual 720 000 de dolari în plus din cauza iluminatului ineficient, Londra plăteşte 2,9 milioane, Washingtonul, 4,2 milioane, iar New Yorkul – 13, 6 milioane (Sullivan şi Cohen 1999, pp. 363-368). De remarcat că Londra, care are o populaţie

aproximativ egală cu a New Yorkului, este mai eficientă în ineficiența ei de aproape cinci ori!

Problema astrofizicianului nu este aceea că lumina ajunge în spațiu, ci faptul că atmosfera joasă, în care sunt amestecați vapori de apă, praf şi substanțe poluante, reflectă o parte din fotonii emişi în sus înapoi pe Pământ, lăsând pe cer amprenta strălucitoare a vieții de noapte a oraşelor. Pe măsură ce oraşele devin tot mai strălucitoare, obiectele palide din cosmos devin mai puțin vizibile, obturând accesul locuitorilor din sfera urbană la univers.

Dimensiunile acestui efect nu sunt deloc exagerate. Raza unui pix cu lanternă îndreptată spre perete într-o cameră întunecată este uşor de remarcat. Dar luminați treptat încăperea şi o să vedeți că raza lanternei devine tot mai greu de observat. Sub cerul poluat de lumină obiectele mai neclare, cum sunt cometele, nebuloasele şi galaxiile, devin greu sau imposibil de detectat. N-am văzut în viața mea Calea Lactee din oraşul New York, unde m-am născut şi am crescut. Dacă priviți cerul nopții din lumina care înecă Times Square s-ar putea să vedeți vreo zece stele, dar în niciun caz miile care se vedeau din acelaşi loc pe vremea lui Peter Stuyvesant. Nu e de mirare că anticii aveau o cultură a învățăturilor cereşti, în vreme ce noi, care nu ştim nimic despre cerul nopții, împărtăşim o cultură a serilor la televizor.

Expansiunea iluminatului electric în oraşe în secolul XX a creat o pâclă tehnologică din cauza căreia astronomii au fost obligați să-şi mute posturile de observație din oraşe în locuri izolate, ca Insulele Canare, Anzii chilieni şi vulcanul Mauna Kea din Hawaii. O excepție notabilă este Observatorul Național Kitt Peak, din Arizona. În loc să se retragă de lângă tot mai strălucitorul oraş Tucson, aflat la 80 de kilometri distanță, astronomii au rămas pe poziții şi au luptat. Bătălia e mult mai uşor de câştigat decât ați

putea crede. Nu trebuie decât să-i convingi pe oameni că iluminatul public ales de ei este o risipă de bani. Rezultatul este că oraşul se alege cu un iluminat mai eficient, iar astronomii cu un cer mai întunecat. Ordonanța 8210 din Codul pentru iluminat public al oraşului Tucson arată de parcă primarul, şeful poliției şi comandantul închisorii din perioada în care a fost adoptată ar fi fost cu toții astronomi. Secțiunea 1 identifică scopul ordonanței:

> *Scopul acestui Cod este furnizarea unor standarde pentru iluminatul public care să evite afectarea nerezonabilă a observațiilor astronomice. Codul intenționează să încurajeze, prin reglementarea tipurilor, construcțiilor, instalărilor şi utilizărilor iluminatului public electric, practicile şi sistemele de iluminat, aşa încât energia să fie conservată fără scăderea siguranței, utilității, securității şi productivității, iar cetățenii să se poată bucura mai mult de proprietățile lor în regiune.*

Iar după alte 13 secțiuni care oferă reguli stricte pentru gestionarea opțiunilor cetățenilor în materie de iluminat public, ajungem la cea mai frumoasă parte, secțiunea 15:

> *Constituie infracțiune civilă violarea de către orice persoană a oricărei prevederi din acest Cod. Fiecare zi în care este comisă această violare constituie o infracțiune separată.*

Aşa cum puteți vedea, aruncând lumină asupra telescopului unui astronom, puteți face dintr-un cetățean paşnic un adevărat Rambo. Credeți că glumesc? Asociația Internațională pentru un Cer Întunecat luptă împotriva tuturor luminilor din lume care sunt orientate spre cer. Mottoul Asociației aminteşte de cel de pe maşinile de poliție din Los Angeles: „Păstrarea şi protejarea mediului nocturn şi a moştenirii de cer întunecat printr-un iluminat public de

calitate.” Şi, la fel ca poliția, Asociația poate interveni dacă nu respectați regulile.

Ştiu asta pentru că mi s-a întâmplat. La nici o săptămână după deschiderea pentru public a Centrului Rose, am primit o scrisoare de la directorul executiv al Asociației, care m-a mustrat pentru luminile orientate în sus din pavajul piațetei de la intrare. Am fost acuzați pe bună dreptate: piațeta are patruzeci de lămpi (cu un număr foarte mic de wați) care pun în evidență arcada îmbrăcată în granit de la intrarea în Centru. Aceste lumini sunt parțial funcționale şi parțial decorative. Scopul scrisorii nu era acela de a da vina pe acele lămpi micuțe pentru condițiile de vizibilitate din oraşul New York, ci de a face Planetariul Hayden să dea un bun exemplu restului lumii. Mi-e jenă s-o spun, dar luminile sunt încă acolo.

Dar nu tot ce este rău e artificial. O Lună plină e suficient de strălucitoare pentru a reduce numărul de stele vizibile cu ochiul liber de la mii la sute. Luna plină este de peste 100 000 de ori mai strălucitoare decât cea mai strălucitoare dintre stele. Iar fizica unghiurilor de reflexie o înzestrează cu o strălucire de zece ori mai mare decât atunci când se află în primul sau în ultimul pătrar. Această strălucire reduce foarte mult numărul de obiecte vizibile în timpul unei ploi de meteoriți (deşi norii pot afecta şi mai mult vizibilitatea), indiferent în ce loc de pe Pământ v-ați afla. Aşa că niciodată să nu-i urați unui astronom „Lună plină!” atunci când se îndreaptă spre un telescop. E drept, forța de atracție a Lunii creează bazine mareice şi alte habitate dinamice care contribuie la tranziția de la viața marină la cea terestră şi, în cele din urmă, face posibilă prosperitatea oamenilor. Însă, făcând abstracție de acest detaliu, cei mai mulți astronomi observatori, în special cosmologii, ar fi foarte fericiți dacă Luna nu ar exista.

Acum câțiva ani, am primit un telefon de la o directoare de marketing care voia să pună pe lună logoul companiei ei. Voia să ştie cum trebuie să procedeze. După ce i-am trântit telefonul, am sunat-o înapoi şi i-am explicat politicos de ce e o idee proastă. Alți directori de corporații m-au întrebat cum pot pune pe orbită în jurul Pământului afişe luminoase cu slogane atrăgătoare, care să înlocuiască avioanele care scriu pe cer sau trag după ele steaguri la evenimentele sportive sau pe deasupra plajelor aglomerate. I-am amenințat de fiecare dată că o să le trimit pe cap poliția luminii.

Legăturile insidioase dintre poluarea luminoasă şi viața modernă se întind şi în alte părți ale spectrului electromagnetic. Următoarea pe scara riscurilor este fereastra de unde radio şi microunde a astronomului către cosmos. În vremurile noastre trăim într-o baie de semnale radio emise de diferite dispozitive, cum ar fi telefoanele mobile, uşile de garaj automate, cheile de maşină, releele cu microunde, emițătoarele radio şi TV, stațiile de emisie-recepție, pistoalele radar ale poliției, sistemul global de poziționare şi rețelele sateliților de comunicații. Fereastra de unde radio a Pământului către univers este învelită în această ceață indusă tehnologic. Iar cele câteva benzi libere care mai rămân în spectrul radio se îngustează întruna, pe măsură ce capcanele vieții supertehnologizate ocupă un domeniu tot mai larg de unde radio. Detectarea şi studierea obiectelor cereşti foarte puțin strălucitoare a devenit mai dificilă ca oricând.

În ultima jumătate de secol, astronomii au descoperit cu ajutorul undelor radio lucruri remarcabile, inclusiv pulsarii, quasarii, moleculele spațiale şi fundalul de microunde al cosmosului, prima dovadă în sprijinul Big Bangului. Dar chiar şi o conversație telefonică poate îneca aceste semnale radio foarte slabe. Telescoapele radio moderne sunt atât de sensibile încât o conversație prin

celular între doi astronauți aflați pe Lună ar fi una dintre cele mai strălucitoare surse radio de pe cer. Iar dacă marțienii ar folosi telefoane celulare telescoapele radio mai puternice le-ar putea detecta cu uşurință.

Comisia Federală pentru Comunicații nu este indiferentă la solicitările exagerate şi adesea conflictuale pe care diferite segmente sociale le exercită asupra spectrului radio. Forța de ordine care supraveghează acest spectru are intenția de a revizui politicile care guvernează utilizarea spectrului electromagnetic, cu scopul de a îmbunătăți eficiența şi flexibilitatea. Preşedintele Comisiei, Michael K. Powell, spunea pentru *Washington Post* (19 iunie 2002) că vrea ca filosofia Comisiei să treacă de la o abordare de tip „comandă şi control" la una „orientată către piață". Asta include şi revizuirea modului în care sunt alocate benzile de spectru radio, dar şi modul în care aceste alocări interferează între ele.

În ce o priveşte, Societatea Astronomică Americană, organizația națională a astrofizicienilor profesionişti, a lansat un apel pentru membrii ei, cerându-le să fie la fel de vigilenți ca tipii de la Asociația Internațională pentru un Cer Întunecat – o poziție pe care o susțin! – în încercarea de a convinge decidenții politici că anumite frecvențe radio ar trebui să fie rezervate doar pentru astronomi. Împrumutând vocabularul şi conceptele mişcării ecologiştilori, aceste benzi ar trebui considerate „sălbăticia electromagnetică" sau „parcul natural electromagnetic". Pentru a elimina interferențele, zonele geografice din jurul observatoarelor protejate ar trebui ferite de orice semnal radio generat de om.

Cea mai mare problemă poate fi următoarea: cu cât un obiect este mai îndepărtat de Calea Lactee, cu atât semnalele radio emise de el au o lungime de undă mai mare şi o frecvență mai joasă. Acest fenomen, un efect Doppler

cosmic, este principala trăsătură a universului aflat în expansiune. Aşa că nu putem izola o singură gamă de frecvenţe „astro”, afirmând că întregul cosmos, de la galaxiile din preajmă până la marginea universului observabil, poate fi studiat prin această fereastră. Bătălia continuă.

Astăzi, cel mai bun loc pentru un telescop care să studieze toate părţile spectrului electromagnetic este Luna. Dar nu pe faţa întoarsă spre Pământ. Amplasat acolo, ar fi chiar mai rău decât o analiză făcută de pe Pământ. Văzut de pe faţa dinspre noi a Lunii, Pământul pare de treisprezece ori mai mare, fiindcă străluceşte de vreo cincizeci de ori mai tare decât Luna văzută de pe Pământ. Iar Pământul nu apune niciodată. Aşa cum probabil bănuiţi, pălăvrăgeala semnalelor de comunicaţii ale civilizaţiei noastre face ca Pământul să fie cel mai strălucitor obiect din cerul de unde radio. În schimb, pe cealaltă faţă a Lunii, unde Pământul nu răsare niciodată, se află raiul astronomilor.

Cu Pământul în afara razei vizuale, telescoapele de pe Lună se pot îndrepta în orice direcţie fără riscul contaminării din partea emanaţiilor electromagnetice ale Pământului. În plus, noaptea pe Lună durează aproape 15 zile pământene, ceea ce le-ar permite astronomilor să monitorizeze obiecte de pe cer zile la rând, mult mai mult decât au ocazia de pe Pământ. Şi pentru că nu există atmosferă lunară, observarea cosmosului de acolo ar fi la fel de bună ca cele făcute de pe orbita Pământului. Telescopul Spaţial Hubble şi-ar pierde meritele de care se bucură astăzi.

În plus, fără o atmosferă care să disperseze lumina Soarelui, cerul lunar din timpul zilei este aproape la fel de întunecat ca acelea din timpul nopţii, aşa că orice stea o să plutească vizibilă pe cer lângă discul Soarelui. Un loc mai puţin poluat nu a fost descoperit încă.

Dacă mă gândesc bine, retrag observațiile insensibile de mai devreme referitoare la Lună. Poate că vecina noastră spațială o să devină cândva cel mai bun prieten al astronomului.

39. NOPȚILE HOLLYWOODULUI

Puține lucruri sunt mai supărătoare pentru împătimiții filmului decât să meargă la cinema cu un prieten supercitit care nu mai încetează să spună că era mai bună cartea. Tipii de genul ăsta bolborosesc întruna despre calitățile romanului, în care personajele sunt conturate mai bine şi povestea e mai profundă. După mine, ar trebui să stea acasă şi să ne lase să ne bucurăm de film. Consider că problema e pur şi simplu una economică: e mai ieftin şi mai rapid să vezi un film decât să cumperi cartea pe care este bazat şi s-o citeşti. Având această atitudine antiintelectuală, ar trebui să tac ori de câte ori remarc vreo violare a legilor ştiinței în povestea sau decorul unui film. Dar nu fac asta. Uneori îi pot supăra pe ceilalți spectatori la fel de rău ca şoarecii de bibliotecă. De-a lungul anilor, am colecționat câteva greşeli extraordinare în încercările Hollywoodului de a prezenta sau explora cosmosul. Şi nu le pot păstra pentru mine.

Apropo, în lista mea nu se găsesc gafe. O gafă reprezintă o eroare comisă de producători sau de editorii de imagine cărora le scapă ceva. Erorile astronomice despre care vorbesc sunt cele prezentate cu bună ştiință, demonstrând o completă lipsă de atenție la detalii care sunt foarte uşor verificabile. Mai spun şi că niciunul dintre aceşti scenarişti, producători sau regizori nu au urmat în facultate vreun curs elementar de astronomie.

S-o luăm de jos în sus.

La sfârşitul filmului Disney *Gaura neagră*, din 1977, aflat pe multe liste ale celor mai proaste zece filme (inclusiv pe a mea), o navă care aminteşte de imaginarul lui H.G. Wells pierde controlul motoarelor şi plonjează într-o gaură neagră. Ce şi-ar putea dori mai mult un artist în efecte speciale? Să vedem ce-a ieşit. Au fost sfâşiați nava şi echipajul de forțele mareice tot mai mari, aşa cum s-ar fi întâmplat într-o gaură neagră reală? Nu. A existat vreo

încercare de a portretiza dilatarea relativistă a timpului, aşa cum a prezis-o Einstein, în care universul din jurul echipajului condamnat evoluează rapid de-a lungul a miliarde de ani în vreme ce ei îmbătrânesc cu doar câteva secunde? Nu. În scenă a apărut un disc spiralat de gaze în jurul găurii negre. Bun. Găurile negre fac asta cu gazul care cade spre ele. Dar au fost proiectate jeturi alungite de materie şi de energie de o parte şi de alta a discului? Nu. A trecut nava prin gaura neagră şi a fost scuipată într-un alt timp? În altă parte a universului? Ori în alt univers? Nu. În loc să speculeze aceste idei fertile cinematografic şi informate ştiinţific, scenariştii au descris interiorul găurii negre ca pe o peşteră igrasioasă cu stalactite şi stalagmite arzătoare, de parcă ar fi fost turul unor peşteri Carlsbad fierbinţi şi fumegătoare.

Unii ar putea crede că aceste scene sunt expresia unor licenţe artistice ale regizorului, care i-au permis să inventeze un imaginar cosmic fără legătură cu universul real. Dar, dată fiind calitatea jalnică a scenelor, e mult mai probabil ca ele să fie rezultatul ignoranţei ştiinţifice a regizorului. Să presupunem că ar exista un soi de „licenţă ştiinţifică”: omul de ştiinţă care face artă alege să ignore anumite elemente de bază ale expresiei artistice. Să presupunem că, de câte ori desenează o femeie, oamenii de ştiinţă îi fac trei sâni, şapte degete la fiecare picior şi o ureche în mijlocul feţei. Într-un exemplu mai puţin extrem, să presupunem că oamenii de ştiinţă desenează oamenii cu genunchii întorşi invers sau cu proporţii ciudate ale oaselor lungi. Dacă asta nu a dat naştere unor noi mişcări de expresie artistică – înrudite cu redările confuze ale feţei umane realizate de Picasso –, atunci artiştii o să ne spună cu siguranţă să ne întoarcem la şcoală imediat şi să urmăm nişte cursuri elementare de anatomie.

Licența sau ignoranța l-a făcut pe pictorul unei lucrări de la Luvru să deseneze o fundătură încercuită de copaci înalți, ale căror umbre făcute de Soare cad toate spre mijlocul cercului? Oare artistul nu a observat că toate umbrele obiectelor verticale sunt paralele? Faptul că aproape fiecare Lună pictată de un artist e fie plină, fie semilună este licență sau ignoranță? În fiecare lună calendaristică, în jumătate din nopți nu vedem nici Luna plină, nici semiluna. Artiştii au pictat ce au văzut sau ce şi-ar fi dorit să vadă? Când Ridley Scott filma *Cineva care să mă apere*, film apărut în 1987, directorul de imagine a sunat la biroul meu şi a întrebat când şi unde are cea mai bună ocazie de a filma Luna plină pe cerul Manhattanului. Când i-am oferit primul pătrar sau un octant, n-a fost deloc impresionat. N-a vrut decât Luna plină.

Orice aş zice, nu ne putem îndoi că în lumea artistică orice contribuție creativă ar fi săracă fără licență artistică. Printre alte pierderi, n-am avea impresionismul sau cubismul, de exemplu. Dar ceea ce deosebeşte o licență artistică bună de una proastă este accesul la informație relevantă înainte de manifestarea creativității. Cred că Mark Twain a spus-o cel mai bine:

> *„Mai întâi află care sunt faptele; apoi poți să le denaturezi cum vrei.”* (1899, vol. 2, cap. XXXVII).

În *Titanic*, filmul de mare succes din 1997, producătorul şi directorul James Cameron nu doar că a investit din greu în efecte speciale, dar a şi reconstituit interioarele luxoase ale navei. De la lămpile din pereți până la modelele de argintărie şi de veselă, niciun detaliu nu a fost prea mărunt pentru atenția domnului Cameron, care s-a asigurat că totul seamănă cu ceea ce s-a recuperat de pe nava scufundată la mai bine de trei kilometri sub ape. Mai mult, a cercetat cu atenție istoria modei şi a

comportamentului social, pentru a se asigura că personajele sunt îmbrăcate şi se poartă aşa cum era cazul în 1912. Ştiind că doar trei dintre cele patru coşuri ale navei erau conectate la motoare, Cameron a fost fidel şi a redat doar trei coşuri fumegânde. Ştim din date exacte consemnate în primul voiaj al navei, de la Southampton la New York, data şi ora la care s-a scufundat, ca şi latitudinea şi longitudinea. Cameron a respectat şi asta.

Dată fiind toată această atenție la detalii, ați putea crede că James Cameron a fost atent şi la stelele şi constelațiile vizibile în noaptea fatidică.

Ei bine, n-a fost.

În film, stelele de deasupra navei nu corespund niciunei constelații de pe cer. Mai mult, în vreme ce gângureşte o melodie pe o scândură în mijlocul apelor înghețate ale Atlanticului, eroina se uită în sus, iar noi suntem tratați cu bucata pe care o vede ea din cerul Hollywoodului – o imagine în care stelele din partea dreaptă a scenei sunt oglindite în partea stângă. Cât de leneş poți fi? Corectarea acestui amănunt n-ar fi însemnat o refacere serioasă a bugetului.

Mai ciudat este că, dacă regizorul n-ar fi respectat modelele de argintărie şi veselă, nimeni nu şi-ar fi dat seama. În schimb, cu 50 de dolari poți cumpăra unul dintre programele de calculator care îți afişează cerul aşa cum a fost sau cum o să fie la orice oră în fiecare zi a anului din orice mileniu şi în orice loc de pe Pământ.

Totuşi, într-o privință Cameron a făcut uz de licența artistică foarte inspirat. După ce se scufundă vaporul, vedem nenumărați oameni (vii şi morți) plutind pe apă. Bineînțeles, într-o noapte fără Lună, în mijlocul oceanului, abia dacă ți-ai putea vedea mâna în fața ochilor. Cameron avea nevoie de lumină, pentru ca spectatorul să poată vedea restul poveştii. Lumina a fost slabă şi subtilă, nu a aruncat

umbre evidente, care să dea de gol existența unei surse de lumină care nu ar fi putut exista în realitate.

Povestea are însă un final fericit. Aşa cum foarte mulți ştiu, James Cameron este un explorator modern, care, de fapt, pune preț pe întreprinderea ştiințifică. Expediția submarină pe epava Titanicului a fost doar una dintre inițiativele lui şi vreme de mulți ani a făcut parte din Consiliul la nivel înalt al NASA. Recent, la New York, a fost recompensat pentru spiritul întreprinzător de revista *Wired*, iar eu am fost invitat la dineu cu editorii şi cu Cameron în persoană. Ce ocazie mai bună aş fi avut să-i spun despre cerul neverosimil din *Titanic*. După ce m-am plâns vreo zece minute pe acest subiect, mi-a zis: „Filmul a făcut peste un miliard de dolari în lumea întreagă. Imaginați-vă câți bani în plus ar fi făcut dacă aş fi folosit un cer corect!"

N-am fost redus niciodată la tăcere atât de politicos şi de prompt. Mi-am văzut cuminte de aperitive, destul de jenat pentru că ridicasem problema. După două luni, am primit un telefon la biroul meu de la planetariu. Era un specialist în vizualizare computerizată dintr-o echipă post-producție a lui James Cameron. Mi-a spus că, pentru reeditarea filmului *Titanic* într-o ediție de colecție, vor să refacă anumite scene şi că a fost informat că eu ştiu exact cum arăta cerul de care au ei nevoie. Bineînțeles, am generat imaginea potrivită a cerului nopții din toate direcțiile în care Kate Winslet şi Leonardo DiCaprio ar fi putut întoarce capul în timp ce nava se scufunda.

Singura dată în care m-am sinchisit să scriu o scrisoare în care mă plângeam de o eroare cosmică a fost după ce am văzut comedia romantică din 1991 *L.A. Story*, scrisă şi produsă de Steve Martin. În acest film, Martin foloseşte Luna pentru a marca trecerea timpului, arătând progresul de la semilună la Lună plină. Acest amănunt nu joacă un

rol foarte important. Pur şi simplu, Luna apare pe cer în fiecare noapte. Aplaud efortul lui Martin de a cuprinde şi universul în povestea lui, numai că Luna aia de la Hollywood creştea în direcţia greşită. Din orice loc de pe ecuatorul Pământului (şi din Los Angeles deopotrivă) suprafaţa luminoasă a Lunii creşte de la dreapta la stânga.

Când avem o semilună foarte îngustă, Soarele se găseşte la 20 sau 30 de grade în dreapta. Pe măsură ce Luna gravitează în jurul Pământului, unghiul dintre ea şi Soare creşte, făcând ca o parte tot mai mare din suprafaţa ei să fie luminată şi ajungând la 100% iluminare atunci când unghiul are 180 de grade. (Această configuraţie Pământ-Soare-Lună este una de conjuncţie sau opoziţie, şi oferă Luna plină sau, din când în când, o eclipsă lunară.)

Luna lui Steve Martin creştea de la stânga la dreapta. Invers. Scrisoarea mea către domnul Martin a fost politicoasă şi plină de respect. Am pornit de la presupunerea că vrea să ştie adevărul cosmic. Din păcate, n-am primit niciun răspuns, dar la acea vreme eram doar un biet doctorand, aşa că semnătura mea nu putea să-i atragă atenţia.

Chiar şi filmul din 1983 *Cursă spaţială* conţine o mulţime de greşeli. Favorita mea apare când ni se arată cum Chuck Yager, primul om care avea să zboare cu o viteză mai mare decât a sunetului, urcă la 25 000 de metri, stabilind un nou record de altitudine şi viteză. Ignorând faptul că scena are loc deasupra deşertului Mojave, din California, unde norii de orice fel sunt rari, când Yeager ţâşneşte în sus vedem mici nori altocumulus, pufoşi şi albi. Această eroare i-ar enerva cu siguranţă pe meteorologi, fiindcă, în atmosfera reală a Pământului, astfel de nori nu se găsesc niciodată mai sus de 6 000 de metri.

Dar presupun că fără astfel de efecte vizuale spectatorul n-ar fi avut idee de viteza cu care se deplasa

avionul. Aşa că pot înțelege motivul. Însă regizorul filmului, Philip Kaufman, ar fi avut alte opțiuni: la altitudini foarte mari există alte tipuri de nori, cum ar fi cirrus, sau nori noctilucenți deosebit de frumoşi. Trebuie să vină un moment în viață în care să afli că există.

În filmul din 1997 *Contact*, inspirat de romanul cu acelaşi nume al lui Carl Sagan din 1983, apar câteva astro-erori foarte supărătoare. (Am văzut filmul, dar nu am citit cartea. Bineînțeles, toți cei care au citit-o spun că e mai bună decât filmul.) *Contact* speculează ce s-ar putea întâmpla dacă oamenii ar descoperi viață inteligentă în galaxie şi ar stabili un contact cu aceasta. Eroina astrofiziciană şi vânătoare de extratereştri este actrița Jodie Foster, care recită o replică esențială plină de informații imposibile matematic. Când îşi exprimă iubirea față de fostul preot Matthew McConaughey, cu cel mai mare telescop radio din lume în spatele lor, îi spune cu multă pasiune: „Dacă există 400 de miliarde de stele în galaxie şi doar una dintr-un milion are planete, iar dintre acestea doar una dintr-un milion are viață, iar dintre acestea doar pe una dintr-un milion este viață inteligentă, tot mai rămân milioane de planete de explorat". Greşit. Conform acestor cifre, mai rămân 0,0000004 planete cu viață inteligentă, o cifră ceva mai mică decât „milioane". Fără îndoială, „una dintr-un milion" dă mai bine pe ecran decât „una din zece", dar tot nu poți falsifica matematica.

Recitalul domnişoarei Foster nu era o expresie matematică fără rost, ci şi o recunoaştere explicită a celebrei ecuații a lui Drake, numită astfel după astronomul Frank Drake, primul care a calculat probabilitatea de a găsit viață inteligentă în galaxie, bazându-se pe o serie de factori, începând cu numărul total de stele din galaxie. În privința asta, a fost una dintre scenele principale ale filmului. Cine e de vină? Nu scenariştii, chiar dacă ce au spus ei a fost

recitat cuvânt cu cuvânt. Eu o învinovățesc pe Jodie. Ca actriță principală, constituia ultima linie de apărare împotriva erorilor care se strecoară în replicile pe care le rosteşte. Aşa că trebuie să aibă o oarecare responsabilitate. În plus, e absolventă de Yale. Cu siguranță se predă şi aritmetică acolo.

În anii 1970 şi 1980, serialul de televiziune *Cum se învârte lumea* avea pe genericul de început un răsărit, iar pe cel de final un apus. Dat fiind titlul, era un gest cinematic potrivit. Din nefericire, răsăritul lor era un apus filmat invers. Nimeni nu s-a obosit să observe că în emisfera nordică Soarele se mişcă în sus şi la dreapta față de punctul de la orizont din care a răsărit. La sfârşitul zilei, coboară pe cer spre dreapta. În genericul serialului, Soarele se mişcă la răsărit în sus şi spre stânga. Cu siguranță au luat o secvență care prezenta un apus şi au rulat-o invers pentru genericul de început. Ori producătorii erau prea somnoroşi ca să se trezească de dimineață şi să filmeze răsăritul, ori răsăritul a fost filmat în emisfera sudică, după care echipa de filmare a fugit repede în emisfera nordică să filmeze apusul. Dacă ar fi întrebat un astrofizician, ar fi aflat că, dacă vor să economisească nişte bani, pot întoarce în oglindă apusul înainte de a-l rula invers. În felul acesta ar fi împăcat pe toată lumea.

Bineînțeles, analfabetismul astronomic inacceptabil trece dincolo de hotarele televiziunii, filmului şi picturilor de la Luvru. Celebrul tavan cu stele al Gării Centrale din New York se înalță deasupra a nenumărați navetişti ocupați. Nu m-aş plânge dacă proiectantul n-ar fi avut intenția de a reprezenta cerul real. Dar imaginea de un hectar conține printre sutele de stele vreo zece constelații reale, desenate în toată splendoarea lor, cu Calea Lactee pe fundal, exact aşa cum ar trebui să fie pe cer. Dincolo de culoarea verzuie a cerului, care seamănă cu aparatele casnice din anii 1950,

totul este pe dos. Da, pe dos! Această practică era obişnuită în Renaştere, când cei care făceau globuri terestre se ocupau şi se sfere celeste. Dar pe atunci privitorul stătea într-un loc inexistent, „în afara" cerului, privind în jos, unde Pământul era imaginat ca ocupând centrul globului. Acest argument este valabil pentru sferele mai mici decât privitorul, dar nu mai funcționează pentru un tavan cu raza de 40 de metri. Iar în mijlocul acestei răsturnări, din motive pe care încă nu le-am ghicit, stelele din constelația Orion sunt poziționate corect.

Cu siguranță astrofizica nu este singura ştiință călcată în picioare de artişti prea puțin informați. Probabil că naturaliştii au de făcut mai multe plângeri decât mine. Parcă-i aud: „Balenele din specia aia nu cântă aşa." „Plantele alea nu se găsesc în regiunea respectivă." „Formațiunile alea stâncoase nu au legătură cu restul terenului." „Zgomotele scoase de gâştele alea sunt ale unei specii care nu zboară pe acolo." „Era în miezul iernii, şi totuşi arțarii erau înfrunziți."

În viața viitoare am de gând să deschid o şcoală de ştiințe pentru artişti, unde oamenii creativi să cunoască lumea reală. După absolvire o să li se permită să denatureze natura numai în moduri avizate, care să slujească nevoile artistice. Pe generic, regizorul, producătorul, designerul de platou, scenograful şi toți ceilalți absolvenți o să-şi etaleze cu mândrie apartenența la Societatea pentru Utilizare Credibilă a Licențelor Artistice.

SECȚIUNEA VII

ȘTIINȚA ȘI DUMNEZEU

CÂND CĂILE SPRE CUNOAȘTERE SE CIOCNESC

40. LA ÎNCEPUTURI

(Eseu distins în 2005 cu Premiul pentru Scrieri Ştiinţifice acordat de Institutul American de Fizică)

Fizica descrie comportamentul materiei, energiei, spaţiului şi timpului în univers, împreună cu interacţiunile dintre acestea. Din ce au reuşit să stabilească oamenii de ştiinţă, toate fenomenele biologice şi chimice sunt guvernate de ce îşi fac unul altuia aceste patru personaje ale dramei cosmice. Aşa că toate lucrurile esenţiale şi obişnuite pentru noi, pământenii, încep cu legile fizicii.

În aproape orice domeniu al cercetării ştiinţifice, dar mai ales în fizică, frontiera descoperirilor se intersectează cu extremitatea măsurătorilor. La marginea materiei – de pildă în vecinătatea unei găuri negre –, gravitaţia distorsionează grav continuul spaţiu-timp din jur. La marginea energiei avem fuziunea termonucleară din miezul de zece milioane de grade al stelelor. Iar la marginea imaginabilului avem condiţiile de o fierbinţeală şi densitate scandaloase care au existat în primele clipe ale universului.

Ne dăm seama cu bucurie că viaţa obişnuită nu are parte de extremele fizicii. Într-o dimineaţă obişnuită ne ridicăm din pat, ne plimbăm prin casă, mâncăm ceva, ieşim pe uşă. La sfârşitul zilei, cei dragi se aşteaptă să nu arătăm deloc altfel decât arătam când am plecat de-acasă dimineaţă şi să ne întoarcem întregi. Dar imaginaţi-vă că ajungeţi la birou, intraţi într-o sală de şedinţe unde este foarte cald, pentru că aveţi o întâlnire importantă la ora 10:00, şi deodată vă pierdeţi electronii – sau, şi mai rău, toţi atomii din corp încep s-o ia razna. Sau imaginaţi-vă că staţi în birou şi încercaţi să faceţi ceva la lumina lămpii, când deodată cineva aprinde lumina în încăpere şi corpul dumneavoastră începe să sară încolo şi încoace prin încăpere până când e aruncat pe fereastră. Sau ce s-ar întâmpla dacă după program v-aţi duce la un meci de sumo şi aţi vedea doi domni sferici intrând în coliziune şi apoi

dispărând, transformați pur şi simplu în două raze de lumină?

Dacă astfel de lucruri s-ar întâmpla zilnic, fizica modernă n-ar mai fi atât de bizară. Cunoştințele despre fundamentele ei ar decurge în mod natural din experiența noastră de viață, iar cei dragi nu ne-ar mai lăsa niciodată să plecăm la serviciu. Totuşi, în primele minute ale universului, astfel de lucruri se întâmplau întruna. Ca să vă puteți imagina aşa ceva şi să reuşiți să înțelegeți, trebuie să vă dezvoltați o nouă formă de bun-simț, o intuiție modificată despre modul în care legile fizicii funcționează la temperaturi, densități şi presiuni extreme.

Intrați în lumea lui $E = mc^2$.

Albert Einstein a publicat prima versiune a celebrei sale ecuații în 1905, într-o lucrare foarte importantă, intitulată „Despre electrodinamica corpurilor în mişcare". Cunoscute mai mult sub formula „teoria restrânsă a relativității", conceptele din lucrarea respectivă au schimbat pentru totdeauna ideile noastre despre spațiu şi timp. Einstein, care pe atunci avea numai 26 de ani, a oferit detalii suplimentare despre ecuația lui într-o altă lucrare, remarcabilă prin dimensiunea redusă, publicată în acelaşi an: „Inerția unui corp depinde de conținutul lui de energie?" Pentru a vă scuti de căutarea articolului original, proiectarea unui experiment şi testarea teoriei, răspunsul este „Da". Einstein a scris:

> *Dacă un corp eliberează energia E sub formă de radiație, masa lui se diminuează cu E/c^2... Masa unui corp este o măsură a conținutului de energie; dacă energia se modifică cu E, masa se modifică în acelaşi sens.* (1952, p. 71)

Apoi, nesigur de adevărul propoziției sale, a sugerat:

Nu e imposibil ca în cazul corpurilor al căror conținut de energie este foarte variabil (de ex. bromura de radiu) această teorie să poată fi testată cu succes. (1952, p. 71)

Iată rețeta algebrică pentru toate ocaziile în care ați dori să convertiți materie în energie sau invers. În aceste propoziții simple, fără să vrea, Einstein le-a oferit astrofizicienilor o unealtă de calcul, $E = mc^2$, care a dus în zilele noastre la îmbogățirea cunoştințelor despre univers până la fracțiunile infinitezimale din prima secundă după naştere.

Cea mai obişnuită formă de energie este fotonul, o particulă de lumină ireductibilă şi lipsită de masă. Sunteți scăldați întruna de fotoni proveniți de la Soare, de la Lună, de la stele, de la cuptor, candelabru şi lampa de veghe. Dar de ce nu resimțiți în fiecare zi $E = mc^2$? Energia fotonilor de lumină vizibilă este mult sub cea a particulelor subatomice cu cea mai redusă masă. Fotonii respectivi nu se mai pot reduce la altceva, aşa că duc o viață fericită şi relativ lipsită de evenimente.

Vreți puțină acțiune? Apropiați-vă de nişte fotoni de raze gamma care au energie reală – de cel puțin 200 000 de ori mai mare decât aceea a fotonilor vizibili. O să vă îmbolnăviți rapid şi o să muriți de cancer, dar înainte de asta o să vedeți perechi de electroni – unul de materie şi altul de antimaterie, cum sunt numeroasele duete dinamice din universul particulelor – trezindu-se la viață în locurile unde mai înainte au fost fotoni. O să vedeți şi perechi de electroni materie-antimaterie intrând în coliziune, anihilându-se unul pe altul şi creând din nou fotoni de raze gamma. Sporiți energia luminii de încă 2 000 de ori şi o să aveți nişte raze gamma cu suficientă energie pentru a transforma un om obişnuit într-o matahală ca Hulk, personajul de benzi desenate. Dar perechile de astfel de fotoni au acum suficientă energie pentru a crea mult mai

masivii neutroni, protoni şi partenerii de antimaterie ai acestora.

Fotonii cu energie înaltă nu se găsesc oriunde. Dar asta nu înseamnă neapărat că sunt imaginari. Pentru razele gamma este suficient un mediu care are mai mult de câteva miliarde de grade.

Semnificația cosmologică a particulelor şi pachetelor de energie care se transformă din una în alta este uluitoare. În prezent, temperatura universului nostru în expansiune, calculată după măsurătorile băii de lumină cu microunde care scaldă întregul spațiu, este de numai 2,73 grade Kelvin. La fel ca fotonii de lumină vizibilă, cei de microunde au ambiția de a deveni particule prin $E = mc^2$; de fapt, nu există particule cunoscute în care să se poată transforma spontan. Totuşi, ieri universul era puțin mai mic şi mai fierbinte. Alaltăieri era şi mai mic şi mai fierbinte. Dacă dăm ceasul înapoi puțin mai mult – cu 13,7 miliarde de ani, să zicem –, plonjăm direct în supa primordială a Big Bangului, într-un moment în care temperatura cosmosului era suficient de ridicată pentru a fi interesantă astrofizic.

Felul în care spațiul, timpul, materia şi energia s-au comportat pe măsură ce universul s-a extins şi s-a răcit este una dintre cele mai grozave poveşti spuse vreodată. Dar pentru a explica ce s-a întâmplat în acel creuzet cosmic trebuie să găsim o cale de a uni toate cele patru forțe ale naturii în una singură şi o modalitate de a reconcilia cele două ramuri incompatibile ale fizicii: mecanica cuantică (ştiința dimensiunilor mici) şi relativitatea generală (ştiința dimensiunilor mari).

Îmboldiți de mariajul reuşit dintre mecanica cuantică şi electromagnetism, de la jumătatea secolului XX, fizicienii au pornit într-o cursă de mixare a mecanicii cuantice cu relativitatea generală (într-o teorie a gravitației cuantice). Cu toate că nu s-a ajuns încă la linia de sosire, ştim cu precizie

unde sunt obstacolele majore: în „bariera Planck” sau „perioada Planck”. Aceasta este faza de 10-43 secunde (a zece milioana bilioana bilioana bilioana parte dintr-o secundă) după început, înainte ca universul să crească la 10-35 metri (a suta miliarda bilioana bilioan parte dintr-un metru) diametru. Fizicianul german Max Planck, al cărui nume a fost dat acestor dimensiuni inimaginabil de minuscule, a venit în 1900 cu ideea de a cuantifica energia, şi este considerat părintele mecanicii cuantice.

Totuşi, nu e cazul să vă faceți griji. Ciocnirea dintre gravitație şi mecanica cuantică nu pune probleme practice pentru universul actual. Astrofizicienii aplică principiile şi instrumentele relativității generale şi ale mecanicii cuantice unor clase foarte diferite de probleme. Dar la începuturi, în perioada Planck, marele era mic şi trebuie să fi avut loc vreo uniune forțată între cele două. Din păcate, exclamațiile de uimire din timpul acelei ceremonii continuă să ne scape, aşa că nicio lege (cunoscută) a fizicii nu poate descrie cu exactitate comportamentul universului în acel interval minuscul.

Însă, la sfârşitul perioadei Planck, gravitația s-a eliberat de celelalte forțe ale naturii, încă unificate, căpătând independența atât de bine descrisă de teoreticienii de azi. După ce universul a împlinit 10-43 secunde a continuat să se extindă şi să se răcească, iar ceea ce a rămas din forțele unificate s-a despărțit în forțele nucleare slabe electromagnetic, şi cele puternice. Mai târziu, forțele slabe s-au despărțit în forțe electromagnetice şi forțe nucleare slabe, dând naştere celor patru forțe distincte pe care le cunoaştem şi le iubim. Forța nucleară slabă controla înjumătățirea radioactivă, iar cea puternică lega nucleul, în vreme ce forța electromagnetică lega forțat moleculele, iar gravitația lega materia. Universul avea numai o bilionime de secundă. Şi totuşi, forțele astfel transformate şi alte

episoade importante au dus la înzestrarea universului cu proprietăți fundamentale care ar merita fiecare câte un tom în sine.

În vreme ce universul împlinea prima bilionime de secundă, interacțiunile dintre materie şi energie se petreceau fără oprire. Cu puțin înainte, în timpul şi imediat după ce forțele slabe şi puternice s-au despărțit, universul era un ocean clocotitor de quarci, leptoni şi gemenii lor de antimaterie, împreună cu bosoni, particulele care permit interacțiunea dintre aceştia. Se consideră că niciuna dintre aceste particule nu poate fi divizată în ceva mai mic sau mai simplu. Deşi sunt fundamentale, fiecare are câteva tipuri. Fotonul obişnuit de lumină vizibilă este un membru al familiei de bosoni. Leptonii cei mai cunoscuți de nespecialiştii în fizică sunt electronii şi, poate, neutrinii. Iar cel mai cunoscut quarc este... ei bine, nu există niciun quarc familiar. Fiecare specie a primit un nume abstract care nu slujeşte niciunui scop filologic, filosofic sau pedagogic, ci pur şi simplu distincției între ei: ca susul şi josul, vârful şi baza.

Apropo, bosonii sunt botezați după numele omului de ştiință indian Satyendranath Bose. Cuvântul „lepton” e derivat din grecescul *leptos*, care înseamnă „uşor” sau „mic”. „Quarc” are, totuşi, o origine literară şi mult mai imaginativă. Fizicianul Murray Gell-Mann, care a propus în 1964 acceptarea existenței quarcurilor – şi care în acel moment considera că o familie de quarcuri are doar trei membri – a luat numele dintr-o replică destul de obscură din *Finnegans Wake*, romanul lui James Joyce. Quarcurile au ceva în comun: toate numele lor sunt simple, lucru pe care chimiştii, biologii şi geologii par incapabili să-l facă atunci când îşi denumesc lucrurile de care se ocupă.

Quarcurile sunt nişte bestii imprevizibile. Spre deosebire de protoni, care au sarcina electrică + 1, şi de

electroni, care au sarcina – 1, quarcurile au sarcini fracționare: treimi. Şi n-o să găsiți niciodată un quarc singur, ci doar ataşat de alte quarcuri. De fapt, forța care ține la un loc două (sau mai multe) quarcuri devine mai puternică pe măsură ce încercăm să le separăm – ca şi cum ar fi legate printr-un elastic subnuclear. Dacă sunt separate suficient, elasticul se rupe, iar energia stocată invocă $E = mc^2$ pentru a forma un alt quarc la fiecare capăt, ceea ce ne conduce înapoi la punctul de plecare.

Dar în era quarcuri-leptoni universul era suficient de dens pentru ca separarea obişnuită dintre quarcurile nelegate să rivalizeze cu separarea dintre cele legate. În aceste condiții, loialitatea dintre două quarcuri adiacente nu se putea forma fără nicio ambiguitate, aşa că migrau liber între ei, în ciuda faptului că erau strâns legați împreună. Descoperirea acestei stări a materiei, un fel de supă de quarcuri, a fost anunțată pentru prima oară în 2002 de o echipă de fizicieni de la Laboratoarele Brookhaven.

Dovezi teoretice solide sugerează faptul că un episod din universul timpuriu, probabil din timpul scindării forțelor, a înzestrat universul cu o asimetrie extraordinară, în care particulele de materie au devenit mai numeroase decât cele de antimaterie cu una la un miliard. Această mică diferență de populație a trecut neobservată în crearea, anihilarea şi re-crearea quarcurilor şi antiquarcurilor, electronilor şi antielectronilor (cunoscuți mai mult ca „pozitroni”), neutrinilor şi antineutrinilor. Particula în plus a avut o mulțime de ocazii să găsească pe cineva care s-o anihileze, la fel ca toate celelalte.

Dar nu pentru prea multă vreme. Pe măsură ce cosmosul a continuat să se extindă şi să se răcească, a devenit de mărimea sistemului nostru solar, iar temperatura a scăzut accelerat sub o mie de miliarde de grade Kelvin.

De la începuturi se scursese a milioana parte dintr-o secundă.

Universul nu mai era suficient de fierbinte sau de dens pentru a găti quarcuri, aşa că toate şi-au luat parteneri de dans, creând o nouă familie permanentă de particule grele, numite hadroni (de la grecescul *hadros*, care înseamnă „gros"). Tranziția de la quarc la hadron a dat naştere curând protonilor şi neutronilor, precum şi altor particule mai grele mai puțin obişnuite, toate compuse din combinații diferite de tipuri de quarcuri. Uşoara asimetrie materie-antimaterie din supa de quarcuri-leptoni a fost transferată hadronilor, cu nişte consecințe extraordinare.

Pe măsură ce universul se răcea, cantitatea de energie disponibilă pentru crearea spontană a particulelor de bază scădea. În era hadronilor, fotonii disponibili nu mai puteau invoca $E = mc^2$ pentru a fabrica perechi quarc-antiquarc. Mai mult, fotonii apăruți din restul anihilărilor şi-au disipat energia în universul tot mai extins, astfel încât s-a trecut sub pragul necesar pentru crearea perechilor hadron-antihadron. La fiecare miliard de anihilări – care lăsau în urmă un miliard de fotoni – supraviețuia un singur hadron. Până la urmă, aceşti singuratici se alegeau cu toată distracția, constituind sursa galaxiilor, stelelor, planetelor şi oamenilor.

Fără acel dezechilibru de o particulă dintr-un miliard între materie şi antimaterie, toată masa din univers ar fi fost anihilată, lăsând în urmă un cosmos de fotoni *şi nimic altceva* – scenariul suprem din genul „Să se facă lumină!".

A trecut o secundă.

Universul a crescut la un diametru de câțiva ani-lumină, cam cât distanța de la Soare până la cea mai apropiată stea. La un miliard de grade era încă destul de cald pentru a putea găti electroni, care, împreună cu omologii lor, pozitroni, continuau să prindă viață şi să se

anihileze. Dar în universul tot mai extins şi tot mai rece zilele de acest fel (adică secundele) erau numărate. Cazul electronilor este similar cu al hadronilor: doar unul dintr-un miliard supraviețuia. Restul erau anihilați, împreună cu pozitronii ataşați, într-o mare de fotoni.

Cam acesta este momentul în care un electron pentru fiecare proton a fost „înghețat" pe poziția „existent". Pe măsură ce cosmosul s-a răcit – scăzând sub o sută de milioane de grade –, protonii au fuzionat cu alți protoni şi cu neutroni, formând nuclee atomice şi clocind un univers în care 90% din aceste nuclee erau de hidrogen şi 10% de heliu, cu câteva urme firave de deuteriu, tritiu şi litiu.

Au trecut două minute de la început.

Preț de 380 000 de ani nu s-au mai întâmplat prea multe cu supa noastră de particule. De-a lungul acestor milenii, temperatura a rămas destul de ridicată pentru ca electronii să circule liberi printre fotoni, ciocnindu-se şi sărind în toate părțile.

Dar toată această libertate a luat sfârşit brusc atunci când temperatura universului a scăzut sub 3 000 de grade Kelvin (cam jumătate din temperatura de la suprafața Soarelui) şi toți electronii s-au combinat cu nuclee libere. Acest mariaj a dus la crearea unei băi generale de fotoni de lumină vizibilă, finalizând alcătuirea particulelor şi a atomilor din universul primordial.

Pe măsură ce universul se extindea, fotonii pierdeau continuu energie, retrogradând de la lumină vizibilă la infraroşii şi microunde.

Aşa cum o să vedem curând mai în detaliu, oriunde s-ar uita, astrofizicienii descoperă amprenta de neşters a fotonilor de microunde la 2,73 grade Kelvin, al căror tipar pe cer păstrează amintirea distribuirii materiei dinainte de formarea atomilor. Din asta putem deduce multe lucruri, inclusiv vârsta şi forma universului. Chiar dacă astăzi

atomii sunt parte din viața noastră obişnuită, ecuația de echilibru a lui Einstein mai are multe de făcut, în acceleratoarele de particule, unde sunt create în fiecare zi perechi de materie-antimaterie din câmpuri de energie, dar şi în miezul Soarelui, unde în fiecare secundă 4,4 milioane de tone de materie sunt convertite în energie, la fel ca în miezul oricărei alte stele.

De asemenea, intră în funcțiune şi în apropierea găurilor negre, chiar în afara orizontului de evenimente, unde perechile particulă-antiparticulă iau naştere pe cheltuiala formidabilei energii gravitaționale a găurii negre. Stephen Hawking a descris acest proces în 1975, arătând că printr-un astfel de mecanism masa unei găuri negre se poate evapora lent. Cu alte cuvinte, găurile negre nu sunt cu totul negre. Astăzi, fenomenul este cunoscut ca „radiația Hawking" şi ne aminteşte continuu de fertilitatea ecuației $E = mc^2$.

Dar ce s-a întâmplat înainte de toate astea? Ce s-a întâmplat înainte de începuturi?

Astrofizicienii nu au nicio idee. Sau, mai degrabă, cele mai imaginative idei nu au prea mult temei – sau nu au deloc – în ştiința experimentală. Totuşi, anumite persoane credincioase tind să afirme, cu o oarecare îngâmfare, că *ceva* trebuie să fi condus la toate astea: o forță mai mare decât toate celelalte, o sursă din care să apară totul. Ceva care a pus totul în mişcare.

Bineînțeles, în mintea unei astfel de persoane acel ceva este Dumnezeu.

Dar dacă universul a fost prezent dintotdeauna, într-o stare pe care încă nu am identificat-o? Un multivers, de exemplu. Sau dacă, la fel ca particulele lui, universul a apărut din nimic?

De obicei, astfel de replici nu satisfac pe nimeni. Totuşi, unui cercetător ştiințific care sondează frontierele mobile ale

cunoaşterii ele amintesc de faptul că ignoranța este starea naturală a minții. Cei care cred că nu sunt ignoranți în nicio privință nu au căutat şi nici nu au dat de vreun hotar între ceea ce ştim şi ceea ce nu ştim despre cosmos. Iar aici dăm de o dihotomie fascinantă. „Universul a existat dintotdeauna" nu e recunoscut ca răspuns legitim la „Ce a existat înainte de începuturi?", dar pentru mulți credincioşi răspunsul „Dumnezeu a existat dintotdeauna" este un răspuns evident la întrebarea „Ce a existat înainte de Dumnezeu?".

Indiferent cine sunteți, încercarea de a descoperi unde şi cum au început lucrurile implică multă patimă, de parcă a şti cum au început lucrurile îți conferă apartenența la ceva sau chiar posibilitatea de a guverna ceea ce a apărut mai târziu. Ceea ce e adevărat pentru viața însăşi nu e mai puțin adevărat pentru univers: a şti de unde ai venit nu este mai puțin important decât a şti încotro te îndrepți.

41. RĂZBOAIELE SFINTE

Aproape la fiecare conferință despre univers pe care o țin încerc să rezerv la sfârşit nişte timp pentru întrebări. Succesiunea subiectelor e destul de previzibilă. Mai întâi au de-a face în mod direct cu conținutul prelegerii. Apoi deviază spre subiecte astrofizice sexy, cum ar fi găurile negre, quasarii şi Big Bangul. Dacă am suficient timp pentru a răspunde la toate întrebările şi dacă discuția se poartă în America, până la urmă se ajunge şi la subiectul Dumnezeu. Printre întrebările tipice se numără: „Oamenii de ştiință cred în Dumnezeu?" „Credeți în Dumnezeu?" „Studiile de astrofizică v-au făcut mai credincios sau mai puțin credincios?"

Editorii de carte au descoperit că se pot face bani frumoşi din subiectul Dumnezeu, mai ales atunci când autorul este om de ştiință şi când titlul cărții alătură teme religioase şi ştiințifice. Printre cărțile de succes se numără *Dumnezeu şi astronomii*, a lui Robert Jastrow, *Particula Dumnezeu*, de Leon M. Lederman, *Fizica nemuririi: cosmologia modernă, Dumnezeu şi învierea din morți*, de Frank J. Tipler, precum şi două dintre cărțile lui Paul Davies, *Dumnezeu şi noua fizică* şi *Mintea lui Dumnezeu*. Autorii sunt fizicieni sau astrofizicieni în toată regula, iar cărțile nu sunt strict religioase, dar încurajează cititorul să-l introducă pe Dumnezeu în discuțiile despre astrofizică. Chiar şi Stephen Jay Gould, un adevărat pitbull darwinist şi agnostic devotat, s-a alăturat acestei parade cu lucrarea *Trecerea epocilor: ştiința şi religia în plenitudinea vieții*. Succesul financiar al acestor cărți indică faptul că un om de ştiință care discută deschis despre Dumnezeu primeşte bacşiş de la publicul american.

După publicarea *Fizicii nemuririi*, care studiază posibilitatea ca legile fizicii să ne permită nouă şi sufletului nostru să existăm mult după plecarea din această lume, turneul de promovare a cărții lui Tipler a inclus şi câteva

conferințe bine plătite pentru grupuri de credincioşi protestanți. Această ocupație lucrativă a înflorit şi mai mult în ultimii ani datorită eforturilor lui Sir John Templeton, bogatul creator al fondului de investiții Templeton, de a ajunge la armonia şi concilierea dintre ştiință şi religie. Pe lângă sponsorizarea conferințelor pe acest subiect, Fundația Templeton caută oameni de ştiință prietenoşi față de religie, pe care îi răsplăteşte cu un premiu anual a cărui valoare în bani o depăşeşte pe a Premiului Nobel.

Să fim înțeleşi: aşa cum sunt practicate astăzi, ştiința şi religia nu au niciun teren comun. După cum foarte bine s-a arătat în volumul din secolul al XIX-lea *O istorie a războiului ştiinței cu teologia în creştinătate*, aparținând istoricului şi preşedintelui Universității Cornell, Andrew D. White, istoria scoate la iveală o lungă relație conflictuală între religie şi ştiință, indiferent care dintre ele deținea controlul în societate. Enunțurile ştiințifice se bazează pe verificarea experimentală, în vreme ce ceea ce spune religia se sprijină pe credință. Este vorba despre două abordări ireconciliabile asupra cunoaşterii, care vor genera nenumărate dezbateri în contradictoriu oriunde şi oricând se vor intersecta. La fel ca la o negociere în cazuri de răpire, cel mai bine e ca părțile să comunice între ele.

Schisma nu a apărut din cauza încercărilor timpurii de a pune cele două părți împreună. Marile minți ştiințifice, de la Claudius Ptolemeu, în secolul al II-lea d.Hr., până la Isaac Newton, în secolul al XVII-lea, au investit eforturi intelectuale extraordinare încercând să deducă natura universului din afirmațiile filosofice conținute în scrierile religioase. Newton a scris mai multe cuvinte despre Dumnezeu şi religie decât despre legile fizicii, inclusiv câteva încercări futile de a invoca cronologia biblică pentru înțelegerea şi prezicerea evenimentelor din natură. Dacă

vreunul dintre aceste eforturi ar fi avut succes, astăzi religia şi ştiinţa ar fi fost greu de deosebit.

Argumentul e simplu. Încă nu am văzut o prezicere reuşită despre lumea fizică extrasă din conţinutul vreunui document religios. Ba chiar pot face o afirmaţie şi mai puternică. Toate încercările de a face o predicţie exactă despre lumea fizică folosind documente religioase au eşuat. Prin „predicţie" înţeleg o afirmaţie exactă despre comportamentul netestat al obiectelor sau fenomenelor din natură făcută *înainte* ca evenimentul să aibă loc. Când modelul prezice ceva abia după ce s-a întâmplat, se cheamă că avem o „postzicere". Postzicerile sunt coloana vertebrală a miturilor creaţiei şi, bineînţeles a *Povestirilor aievea* ale lui Kipling, în care sunt explicate fenomene obişnuite. Totuşi, în domeniul ştiinţei, o sută de postziceri nu se compară cu o singură predicţie reuşită.

În fruntea listei predicţiilor religioase stau afirmaţiile veşnice despre sfârşitul lumii, dintre care niciuna nu s-a dovedit adevărată. Un exerciţiu destul de inofensiv. Dar alte enunţuri şi predicţii chiar au împiedicat progresul ştiinţei. Un exemplu foarte bun găsim în procesul lui Galileo (care primeşte votul meu pentru procesul mileniului), în care acesta a arătat că universul este fundamental diferit de viziunea dominantă a Bisericii Catolice. Ca să facem dreptate Inchiziţiei, putem spune că un univers cu Pământul în centru era destul de logic din punct de vedere observaţional. Existau epicicluri care explicau mişcările planetelor pe fondul stelar, aşa că vechiul model cu Pământul în centru nu intra în conflict cu nicio observaţie cunoscută. Acesta a rămas un adevăr mult după ce Copernic a introdus modelul lui cu Soarele în centrul universului. Modelul cu Pământul în centru era conform şi cu învăţăturile Bisericii Catolice şi cu interpretările Bibliei,

în care Pământul este creat fără echivoc înaintea Soarelui şi a Lunii, aşa cum ni se spune în primele versete ale *Facerii*. Dacă a fost creat primul, atunci trebuia să se afle în centrul tuturor mişcărilor. Unde altundeva ar fi putut fi? Mai mult, se presupunea că Soarele şi Luna au orbite regulate. De ce ar mai fi creat o zeitate perfectă şi omniscientă altceva?

Bineînţeles, totul s-a schimbat odată cu inventarea telescopului şi cu observarea cerului de către Galileo. Noul dispozitiv optic a scos la iveală aspecte ale cosmosului care intrau în conflict direct cu concepţia oamenilor despre universul din jurul Pământului: suprafaţa Lunii era accidentată şi stâncoasă, a Soarelui avea pete care se deplasau, Jupiter avea luni care se învârteau în jurul lui, nu al Pământului, iar Venus trecea prin faze diferite, la fel ca Luna. Pentru descoperirile acestea radicale, care au şocat creştinătatea – şi pentru că s-a fălit cu ele – Galileo a fost judecat, găsit vinovat de erezie şi condamnat: arest la domiciliu. O pedeapsă moderată, dacă ne gândim ce s-a întâmplat cu călugărul Giordano Bruno. Câteva decenii mai devreme, Bruno fusese găsit vinovat de erezie şi ars pe rug fiindcă a sugerat că Pământul s-ar putea să nu fie singurul loc din univers în care se găseşte viaţă.

Nu vreau să sugerez că oamenii de ştiinţă competenţi, care au urmat metodele ştiinţei, nu s-au înşelat. Au făcut-o. Majoritatea afirmaţiilor ştiinţifice extreme se vor dovedi până la urmă false, în principal din cauza datelor incorecte sau incomplete, iar uneori din cauza unor erori. Dar, deşi permite şi expediţii spre fundături intelectuale, metoda ştiinţifică promovează idei, modele şi teorii predictive care se pot dovedi absolut corecte. Nicio altă întreprindere din istoria gândirii umane nu a avut un astfel de succes în descifrarea căilor şi mijloacelor universului.

Ocazional, ştiinţa este acuzată că reprezintă o întreprindere lipsită de viziune sau încăpăţânată. Adesea,

astfel de acuzații sunt lansate când oamenii de știință resping fără discuție astrologia, paranormalul, existența lui Yeti și alte subiecte de interes pentru oameni care nu trec niciun test ori sunt lipsite de dovezi credibile. Dar nu trebuie să vă simțiți ofensați. Oamenii de știință aplică același scepticism și afirmațiilor obișnuite din revistele în care se publică lucrări de cercetare. Standardele sunt aceleași. Așa s-a întâmplat când chimiștii B. Stanley Pons și Martin Fleischmann au susținut într-o conferință de presă că au creat o fuziune nucleară „la rece" pe masa din laboratorul lor. Oamenii de știință au reacționat rapid și sceptic. În câteva zile de la anunțul respectiv a devenit clar că nimeni nu putea reproduce rezultatele prezentate de Pons și Fleischmann. Afirmațiile lor au fost respinse cu promptitudine. Astfel de evenimente au loc aproape zilnic (fără conferințe de presă), în cazul aproape tuturor afirmațiilor științifice. Dumneavoastră le auziți doar pe acelea care ar putea afecta economia.

Dat fiind că oamenii de știință sunt atât de sceptici, unii ar putea fi surprinși să afle că cele mai mari recompense și laude le primesc cei care descoperă erori în paradigme deja acceptate. Aceleași recompense le primesc și cei care creează noi moduri de a înțelege universul. Aproape toți oamenii de știință celebri – indiferent la care v-ați gândi – au fost recompensați la fel în timpul vieții. Această cale spre succes în cariera profesională este opusă celor din aproape oricare alt domeniu – și în special celei din religie.

Asta nu înseamnă că pe lume nu există oameni de știință credincioși. O cercetare recentă asupra convingerilor religioase ale matematicienilor și profesioniștilor din știință (Larson și Witham 1998), 65% dintre matematicieni (cea mai mare proporție) au declarat că sunt credincioși, la fel ca 22% dintre fizicieni și astronomi (cea mai scăzută proporție).

Media națională pentru toți oamenii de știință a fost de aproximativ 40% și se consideră că a rămas neschimbată de-a lungul ultimului secol. Spre comparație, aproape 90% din publicul american se consideră credincios (una dintre cele mai mari proporții din societățile occidentale), așa că se poate susține că fie necredincioșii sunt atrași de știință, fie practicarea științei te face să fii mai puțin credincios.

Dar ce putem spune despre oamenii de știință care sunt credincioși? Cercetătorii de succes nu leagă propria știință de convingerile religioase. Pe de altă parte, metodele științei de astăzi nu au vreo contribuție la etică, inspirație, morală, frumusețe, dragoste, ură sau estetică. Acestea sunt elemente vitale ale vieții civilizate și sunt esențiale pentru aproape orice religie. Toate astea înseamnă că, pentru mulți oameni de știință, nu este vorba de vreun conflict de interese.

Așa cum vom vedea în continuare în detaliu, când vorbesc despre Dumnezeu, oamenii de știință îl așază de obicei la hotarele cunoașterii, acolo unde trebuie să ne arătăm smeriți și unde capacitatea noastră de a ne minuna este mai mare.

Putem obosi de atâta uimire?

În secolul al XIII-lea Alfonso cel Înțelept (Alfonso al X-lea al Castiliei), regele Spaniei, care era și un academician în toată regula, s-a arătat frustrat de complexitatea epiciclurilor lui Ptolemeu, care explicau cum stau lucrurile cu universul geocentric. Mai puțin smerit decât alții în fața frontierelor, a cugetat: „Dacă aș fi fost prin preajmă în vremea creației, aș fi putut da niște sfaturi utile pentru o mai bună organizare a universului” (Carlyle 2004, II, cap. VII).

Complet de acord cu frustrările lui Alfonso în privința universului, Albert Einstein îi spunea într-o scrisoare unui coleg: „Dacă Dumnezeu a creat lumea, cu siguranță prima

lui grijă a fost să n-o facă uşor de înţeles pentru noi" (1954). Când nu şi-a putut da seama cum sau de ce un univers determinist ar putea avea nevoie de formalismul probabilistic al mecanicii cuantice, a spus: „E greu să tragi cu ochiul la cărţile lui Dumnezeu. Dar faptul că a ales să joace zaruri cu lumea... nu pot să cred nicio clipă." (Frank 2002, p. 208) Când un rezultat experimental i-a arătat că, dacă e corect, anulează noua lui teorie a gravitaţiei, Einstein a comentat: „Domnul este subtil, dar nu şi maliţios" (Frank 2002, p. 285). Fizicianul danez Niels Bohr, contemporan cu Einstein, sătul de spusele acestuia din urmă despre Dumnezeu, a declarat că Einstein ar trebui să înceteze să-i mai spună lui Dumnezeu ce să facă! (Gleick 1999)

Astăzi auziţi din când în când un astrofizician (poate unul din o sută) invocându-l pe Dumnezeu atunci când este întrebat de unde vin legile fizicii sau ce a existat înainte de Big Bang. Aşa cum am ajuns să anticipăm, aceste întrebări sunt legate de frontierele moderne ale descoperirilor cosmice şi, deocamdată, depăşesc răspunsurile pe care le pot oferi teoriile obţinute din datele disponibile. Există deja idei promiţătoare, cum ar fi cosmologia inflaţionară sau teoria corzilor. În cele din urmă, acestea ar putea furniza răspunsuri întrebărilor respective, împingând mai departe limitele motivelor noastre de uimire.

Perspectiva mea este complet pragmatică şi rezonează în parte cu a lui Galileo, care, în timpul procesului, se pare că ar fi spus că „Biblia ne spune cum să mergem la ceruri, nu cum merg cerurile" (Drake 1957, p. 186). Galileo a mai spus, într-o scrisoare din 1615 adresată Marii Ducese de Toscana: „În mintea mea, Dumnezeu a scris două cărţi. Prima este Biblia, în care oamenii pot găsi răspunsuri la întrebări despre valorile şi morala lor. A doua carte a lui Dumnezeu este natura, care le permite oamenilor să

folosească observaţii şi experimente pentru a răspunde la întrebările despre univers." (Drake 1957, p. 173)

Pur şi simplu merg pe această variantă. Este scepticismul sănătos conţinut în metoda ştiinţifică. Credeţi-mă, dacă Biblia s-ar fi dovedit vreodată o sursă bogată de răspunsuri ştiinţifice, ne-am îngropa în ea în fiecare zi pentru a face descoperiri cosmice. Totuşi, vocabularul meu de inspiraţie ştiinţifică se suprapune serios cu al entuziaştilor religiei. Ca şi alţii, sunt smerit în prezenţa obiectelor şi fenomenelor din univers. Şi experimentez o admiraţie mistică în faţa splendorii lui. Dar fac asta ştiind şi acceptând că, dacă sunt de acord cu un Dumnezeu care onorează valea necunoscutului nostru, s-ar putea să vină o zi în care, dat fiind progresul ştiinţei, această vale să dispară.

42. ANVERGURA IGNORANȚEI

Oamenii de ştiinţă din secolele trecute au simţit nevoia să devină poetici în faţa misterelor cosmice şi a lucrării lui Dumnezeu. Poate că n-ar trebui să ne surprindă asta: cei mai mulţi oameni de ştiinţă de odinioară se considerau – la fel cum fac şi cei de azi – credincioşi devotaţi.

Dar o lectură atentă a textelor mai vechi, în special a celor care se ocupă de universul însuşi, arată că autorul invocă divinitatea numai atunci când atinge hotarele înţelegerii. Face apel la o putere superioară doar când are în faţă oceanul propriei ignoranţe. Îl invocă pe Dumnezeu de la marginea singuratică şi precară a neputinţei de a înţelege. Acolo unde se simte sigur de propriile explicaţii, Dumnezeu nu apare.

S-o luăm de la vârf. Isaac Newton a fost una dintre cele mai valoroase inteligenţe pe care le-am avut vreodată. Legile concepute de el la jumătatea secolului al XVII-lea explică fenomene cosmice care le-au scăpat filosofilor vreme de milenii. Cu ajutorul acestor legi putem înţelege atracţia gravitaţională a corpurilor dintr-un sistem şi ajungem astfel să înţelegem orbitele.

Legea gravitaţiei ne permite să calculăm forţa de atracţie dintre oricare două obiecte. Dacă avem un al treilea obiect, atunci fiecare le atrage pe celelalte două, iar orbitele devin mult mai greu de calculat. Dacă mai adăugăm încă un obiect şi încă unul, şi încă unul, în curând ajungem la planetele din sistemul nostru solar. Pământul şi Soarele se atrag reciproc, dar Pământul este atras şi de Jupiter, şi de Saturn, şi de Marte, Saturn este atras de Jupiter şi îl atrage pe Marte şi tot aşa.

Newton se temea că toate aceste forţe vor face orbitele sistemului solar să devină instabile. Ecuaţiile lui arătau că planetele ar fi trebuit să se izbească de Soare cu mult timp în urmă sau s-o ia razna, părăsind sistemul solar. În oricare dintre cazuri, sistemul ar fi trebuit să fie lipsit de planete. Şi

totuşi, la fel ca întregul cosmos, sistemul solar pare să fie un model de ordine şi durabilitate. Aşa că Newton, în capodopera lui, *Philosophiae naturalis principia mathematica*, trage concluzia că din când în când Dumnezeu intervine pentru a îndrepta lucrurile:

> *Cele şase planete principale se învârt în jurul Soarelui în cercuri concentrice, în acelaşi sens şi aproape în acelaşi plan... Dar nu putem concepe că nişte cauze mecanice pure ar fi putut da naştere unor mişcări atât de regulate... Acest foarte frumos sistem compus din Soare, planete şi comete ar putea funcționa numai cu ajutorul şi influența unei ființe inteligente şi puternice.* (1992, p. 544)

În aceeaşi lucrare, Newton face o distincție între ipoteze şi filosofie experimentală: „Ipotezele, fie ele fizice sau metafizice, mecanice sau cu calități oculte, nu au loc în filosofia experimentală" (p. 547). Autorul vrea date „derivate din fenomene". Dar în lipsa acestor date, la hotarul dintre ce poate explica şi ceea ce nu poate decât să respecte – între cauzele pe care le putea identifica şi cele pentru care nu putea să facă asta –, Newton îl invocă entuziasmat pe Dumnezeu:

> *Etern şi infinit; omnipotent şi omniscient... el guvernează toate lucrurile şi ştie tot ce există sau poate fi făcut... Îl cunoaştem doar după cele mai înțelepte şi mai minunate născociri şi cauze finale; îl admirăm pentru perfecțiune; dar ne plecăm în fața suveranității lui şi îl adorăm.* (p. 545)

Un secol mai târziu, astronomul şi matematicianul francez Pierre-Simon Laplace s-a confruntat şi el cu dilema lui Newton privitoare la orbitele instabile. În loc să vadă instabilitatea misterioasă a sistemului solar ca pe o operă a

lui Dumnezeu ce nu poate fi cunoscută, Laplace a declarat că era vorba de o problemă ştiinţifică. În capodopera lui, tratatul de mecanică celestă, al cărui prim volum a apărut în 1799, Laplace a demonstrat că sistemul solar este stabil pe perioade mult mai îndelungate decât cele prezise de Newton. Pentru a putea face asta, Laplace a experimentat cu un alt domeniu al matematicii, numit „teoria perturbaţiilor", care i-a permis să examineze efectele cumulate ale mai multor forţe mici. Conform unei anecdote de largă circulaţie, probabil înfrumuseţată, când i-a dat un exemplar al tratatului prietenului său cunoscător în ale fizicii, Napoleon Bonaparte, acesta l-a întrebat ce rol joacă Dumnezeu în construirea şi guvernarea cerurilor. Laplace i-a răspuns: „Sire, de ipoteza asta nu am nevoie" (DeMorgan 1872).

Mulţi oameni de ştiinţă au făcut apel la Dumnezeu – sau la zei – acolo unde capacitatea lor de înţelegere s-a transformat în ignoranţă. Să ne gândim la astronomul Ptolemeu din Alexandria, din secolul al II-lea d.Hr. Înarmat cu descrierea evoluţiei planetelor în cer, dar nu şi cu înţelegerea acesteia, nu şi-a putut stăpâni fervoarea religioasă şi a mâzgălit această notă pe marginea tratatului său:

> *Ştiu că sunt muritor şi efemer prin fire, dar când observ plimbările corpurilor cereşti într-o parte şi-n alta nu mai sunt cu picioarele pe pământ: sunt în prezenţa lui Zeus însuşi şi îmi iau porţia de ambrozie.*

Sau gândiţi-vă la astronomul olandez Christiaan Huygens, printre ale cărui realizări se numără construirea primului ceas cu pendul şi descoperirea inelelor lui Saturn. În fermecătoarea lui carte *Descoperirea lumilor celeste*, publicată postum, în 1698, mai toate capitolele de început ridică în slăvi tot ce se ştia pe atunci despre orbitele, formele

şi dimensiunile planetelor, precum şi despre strălucirea lor relativă şi despre presupusa compoziție stâncoasă. Cartea conține chiar şi hărți împăturite care ilustrează structura sistemului solar. Dumnezeu lipseşte din această discuție, chiar dacă, un secol mai devreme, înainte de realizările lui Newton, orbitele planetelor erau misterele supreme.

Lucrarea este plină de speculații despre viața din sistemul solar, iar în această privință Huygens şi-a pus întrebări pentru care nu avea răspuns. În acest punct, menționează ghicitoarea biologică a epocii – originea complexității vieții. Bineînțeles, dat fiind că în secolul al XVII-lea fizica era mult mai avansată decât biologia, Huygens a invocat mâna lui Dumnezeu doar în cazul biologiei:

> *Presupun că nimeni nu o să nege că există ceva mai multă născocire, ceva mai mult miracol în producția şi creşterea plantelor şi animalelor decât în grămezile lipsite de viață ale corpurilor inanimate... Căci degetul lui Dumnezeu şi înțelepciunea providenței divine sunt prezente acolo mult mai clar decât în cazul din urmă.* (p. 20)

Filosofii seculari ai zilelor noastre numesc invocarea divină de acest tip „Dumnezeul din spațiile goale" – un concept foarte util, pentru că nu a existat niciodată o criză de astfel de spații goale în cunoştințele oamenilor.

Oricât de reverențioşi ar fi fost Newton, Huygens şi alți oameni de ştiință ai secolelor trecute, au mai existat şi empirişti. Ei nu au dat înapoi în fața concluziilor pe care dovezile îi forțau să le tragă, iar atunci când descoperirile au intrat în conflict cu elemente care țineau de credință, au ținut partea descoperirilor. Asta nu înseamnă că a fost uşor: uneori opoziția este feroce, aşa cum s-a întâmplat în cazul

lui Galileo, care a trebuit să-şi apere dovezile furnizate de telescop în faţa unor obiecţii formidabile, ridicate de scriptură şi de „bunul”-simţ deopotrivă.

Galileo a făcut o distincţie clară între rolul religiei şi rolul ştiinţei. Pentru el, religia era slujirea lui Dumnezeu şi mântuirea sufletelor, în vreme ce ştiinţa era sursa observaţiilor exacte şi a adevărurilor demonstrate. În scrisoarea lui din 1615 către Christina, Marea Ducesă de Toscana, nu lasă urmă de echivoc în ce priveşte poziţia lui faţă de cuvântul Sfintei Scripturi:

> *Atunci când vrem să explicăm Biblia, dacă ar fi să ne rezumăm întotdeauna la sensul gramatical neîmbogăţit, am putea greşi...*
> *Nimic fizic din ceea ce... demonstraţiile ne dovedesc nu trebuie adus în discuţie (şi cu atât mai puţin condamnat) ca mărturie pentru pasajele biblice, care ar putea ascunde sub cuvinte un sens diferit...*
> *Nu mă simt obligat să cred că acelaşi Dumnezeu care ne-a înzestrat cu simţuri, raţiune şi intelect şi-a dorit ca noi să nu facem apel la ele.* (Venturi 1818, p. 222)

Caz rar printre oamenii de ştiinţă, Galileo a considerat necunoscutul un loc de explorat, nu un mister etern controlat de mâna lui Dumnezeu.

Atâta vreme cât sfera celestă a fost privită de toată lumea ca domeniul divinităţii, faptul că muritorii obişnuiţi nu-şi puteau explica modul în care funcţionează putea fi invocat foarte simplu ca dovadă a înţelepciunii şi a puterii superioare ale lui Dumnezeu. Dar începând din secolul al XVI-lea, lucrările lui Copernic, Kepler, Galileo şi Newton – ca să nu mai vorbim de Maxwell, Heisenberg, Einstein şi toţi ceilalţi descoperitori ai legilor fundamentale ale fizicii – au oferit explicaţii raţionale pentru tot mai multe fenomene. Încetul cu încetul, universul a fost supus metodelor şi

instrumentelor ştiinţei, devenind un loc care poate fi cunoscut în mod demonstrabil.

Apoi, prin ceea ce am putea considera o răsturnare filosofică neaşteptată, mulţimi de clerici şi învăţaţi au început să declare că tocmai legile fizicii slujesc ca dovadă a înţelepciunii şi puterii lui Dumnezeu.

O temă populară în secolele al XVII-lea şi al XVIII-lea a fost „universul ceas" – un mecanism ordonat, raţional şi previzibil proiectat şi pus în funcţiune de Dumnezeu şi de legile lui fizice. Primele telescoape, care se bazau toate pe lumină vizibilă, au făcut totul pentru a submina ordinea sistemului. Luna se rotea în jurul Pământului. Pământul şi alte planete se roteau în jurul propriei axe şi în jurul Soarelui. Stelele străluceau. Nebuloasele pluteau liber prin spaţiu.

Abia în secolul al XIX-lea a devenit evident că lumina vizibilă este doar o bandă a spectrului radiaţiei electromagnetice – cea văzută de oameni. Undele infraroşii au fost descoperite în 1800, ultravioletele în 1801, undele radio în 1888, razele X în 1895, iar razele gamma în 1900. În secolul următor, au intrat în folosinţă în fiecare deceniu noi tipuri de telescoape, dotate cu detectori care puteau „vedea" părţile până atunci invizibile ale spectrului electromagnetic. Astrofizicienii au început să demaşte adevărata faţă a universului.

S-a dovedit că anumite corpuri cereşti emit mai multă lumină în benzile invizibile ale spectrului decât în cea vizibilă. Iar lumina invizibilă detectată de noile telescoape a arătat că în cosmos violenţa e la ea acasă: explozii monstruoase de raze gamma, pulsari mortali, câmpuri gravitaţionale care zdrobesc materia, găuri negre înfometate care sfărâmă stelele vecine, stele proaspete care se aprind în pungi de gaz care fac implozie. Iar pe măsură ce telescoapele

obişnuite, optice, devin mai mari şi mai bune, apar şi alte manifestări violente: galaxii care intră în coliziune şi se consumă una pe alta, explozii ale unor stele supermasive, orbite planetare sau stelare haotice. Aşa cum am observat mai devreme, a reieşit că vecinătatea noastră cosmică – interiorul sistemului solar – este un poligon de tir, plin de asteroizi şi comete care vagabondează, intrând uneori în coliziune cu planetele. S-a întâmplat de câteva ori chiar să radă de pe faţa Pământului cantităţi importante de floră şi faună. Dovezile arată că nu locuim într-un univers-ceas, plin de bune maniere, ci într-o grădină zoologică plină de violenţă, ostilitate şi distrugere.

Bineînţeles, Pământul poate fi şi el nociv pentru sănătatea dumneavoastră. Pe uscat, urşii vor să vă facă bucăţi, în oceane, rechinii vor să vă înghită. Un viscol vă poate îngheţa, iar în deşert vă puteţi deshidrata. Cutremurele vă pot îngropa, iar vulcanii vă pot incinera. Puteţi fi infectat de virusuri, paraziţii vă pot lăsa fără fluidele vitale, cancerul poate prelua controlul corpului, iar bolile congenitale vă pot aduce o moarte timpurie. Şi, chiar dacă aveţi norocul să fiţi sănătos, un nor de lăcuste poate devora recoltele, un tsunami vă poate lăsa fără familie, iar un uragan vă poate pune oraşul la pământ.

Aşadar, universul vrea să ne omoare pe toţi. Dar, la fel cum am făcut şi până acum, e mai bine să ignorăm pentru moment complicaţiile.

Multe întrebări, nenumărate probabil, plutesc la hotarele ştiinţei. În anumite cazuri, răspunsurile n-au fost găsite decenii sau chiar secole, nici de către cele mai strălucite minţi ale speciei. În America de astăzi, ideea că o inteligenţă superioară este răspunsul unic la toate enigmele se bucură de o reînviere. Această versiune contemporană a Dumnezeului din spaţiile goale are un nume proaspăt:

„design inteligent”. Termenul sugerează că există o entitate înzestrată cu o capacitate mentală mult peste cea a minții umane, iar aceasta a făcut posibilă existența tuturor lucrurilor din lumea fizică pentru care nu avem o explicație ştiințifică.

O ipoteză interesantă.

Dar de ce să ne limităm la lucrurile care sunt prea complicate sau fermecate pentru înțelegerea noastră, cu existență şi atribute pe care le punem pe seama unei superinteligențe? De ce să nu ne concentrăm pe lucrurile care au un design defectuos, nepractic, caraghios, inutilizabil, reflectând absența inteligenței?

Să ne gândim la forma umană. Mâncăm, bem şi respirăm prin aceeaşi gaură din cap, aşa că, în ciuda manevrei care poartă numele lui Henry J. Heimlich, sufocarea este a patra cauză a morții în Statele Unite. Dar ce ziceți de înec, a cincea cauză? Apa acoperă aproape trei sferturi din suprafața Pământului şi totuşi noi suntem creaturi de uscat – dacă băgăm capul sub apă câteva minute, murim.

Sau să ne gândim la seria de părți anatomice inutile. La ce e bună unghia degetului mic de la picior? Dar apendicele, care încetează să mai funcționeze după copilărie şi apoi nu mai poate fi decât sursa unei apendicite? Părțile utile pot avea şi ele probleme. Mie îmi plac genunchii mei, dar nimeni nu poate spune că sunt protejați de lovituri. În zilele noastre, cei care au probleme cu genunchii îi pot înlocui, pe cale chirurgicală. Coloana vertebrală, care ne poate da dureri foarte mari, nu poate fi înlocuită. Trebuie să mai aşteptăm.

Dar ce spuneți de ucigaşii tăcuți? În Statele Unite, hipertensiunea arterială, cancerul de colon şi diabetul duc fiecare la zeci de mii de decese anual, dar se poate să nu ştiți că aveți vreuna dintre aceste afecțiuni înainte de a face

cunoştinţă cu medicul legist. N-ar fi frumos dacă am avea indicatoare care să ne avertizeze din timp de astfel de pericole? Până şi maşinile ieftine au astfel de sisteme.

Ce comediant o fi proiectat regiunea dintre picioare? Un parc de distracţii construit lângă un sistem de canalizare...

Ochiul e considerat adesea o minune a ingineriei biologice. Totuşi, pentru astrofizicieni e un detector destul de îndoielnic. Unul mai bun ar fi mult mai sensibil la lucrurile întunecate din cer şi la părţile invizibile ale spectrului. Apusurile ar fi mult mai fermecătoare dacă am putea vedea ultravioletele şi infraroşiile. Ce bine ar fi dacă, dintr-o privire, am putea vedea toate sursele de microunde din mediu, ori dacă am putea şti care dintre releele de transmisiune radio este activ. Cât de util ar fi să putem ochi aparatele radar ale poliţiei pe timp de noapte.

Gândiţi-vă cât de uşor ne-ar fi să ne deplasăm într-un oraş necunoscut dacă, asemenea păsărilor, am avea magnetită în cap şi am putea şti întotdeauna încotro este nordul. Gândiţi-vă cât de bine ar fi să avem nu doar plămâni, ci şi branhii, sau cât de productivi am fi dacă am avea şase braţe în loc de două. Dacă am fi avut opt, am fi putut să conducem şi în acelaşi timp să vorbim la telefon, să schimbăm postul de radio, să ne machiem, să bem ceva şi să ne scărpinăm în urechea stângă.

Designul prost ar putea stârni şi el o mişcare de masă. S-ar putea să nu fie vina naturii, dar e prezent peste tot. Şi totuşi, s-ar părea că oamenii continuă să creadă bucuroşi că mintea, trupul şi chiar universul lor reprezintă maximumul de formă şi raţiune. Poate că acest model de gândire este un antidepresiv foarte bun. Dar nu e ştiinţă – nu a fost, nu este şi nici nu va fi vreodată.

O altă practică total diferită de ştiinţă este *adoptarea* ignoranţei. Şi totuşi, această practică s-a dovedit

fundamentală pentru filosofia designului inteligent: „Nu ştiu ce este. Nu ştiu cum funcţionează. E prea complicat ca să-mi dau seama. E prea complicat ca să-şi dea seama o fiinţă umană, oricare ar fi ea. Aşa că trebuie să fie produsul unei inteligenţe superioare."

Ce e de făcut cu acest raţionament? Putem lăsa rezolvarea problemelor pe seama unei persoane mai deştepte, eventul a uneia care nici măcar nu aparţine rasei umane? Le spuneţi elevilor să nu-şi pună decât acele întrebări care pot primi cu uşurinţă un răspuns?

S-ar putea să existe o limită în privinţa a ceea ce poate înţelege mintea umană din univers. Însă ar fi foarte îndrăzneţ din partea mea să susţin că, dacă eu nu pot rezolva o problemă, nu poate s-o rezolve nicio persoană care a trăit ori o să trăiască vreodată. Credeţi că Galileo şi Laplace au gândit la fel? Mai mult, ce-ar fi fost dacă Newton n-ar fi gândit aşa? Ar fi putut rezolva problema lui Laplace cu un secol mai devreme, lăsându-i acestuia sarcina de a trece următoarea frontieră a ignoranţei.

Ştiinţa este o filosofie a descoperirii. Designul inteligent este o filosofie a ignoranţei. Nu vei afla nimic nou dacă presupui că nimeni nu e suficient de deştept ca să-şi dea seama care e răspunsul la o problemă. Cândva, oamenii considerau că sursa furtunilor de pe mare este zeul Neptun. Astăzi numim aceste furtuni „uragane". Ştim când şi de unde pornesc. Ştim ce le pune în mişcare. Ştim ce le îmblânzeşte forţa de distrugere. Şi toată lumea care a studiat problema încălzirii globale vă poate spune ce le amplifică. Singurii oameni care numesc uraganele „acte ale lui Dumnezeu" sunt cei care completează formularele de asigurări.

Negarea sau ştergerea istoriei agitate a oamenilor de ştiinţă şi a altor gânditori care au invocat divinitatea în

operele lor ar fi incorectă din punct de vedere intelectual. Cu siguranță există un loc în peisajul academic şi pentru designul inteligent. Ce ziceți de istoria religiei? Sau de filosofia psihologiei? Dar locul în care nu are ce căuta este cu singuranță cel din zona ştiinței.

Dacă nu sunteți convinşi de argumentele academice, gândiți-vă la consecințele financiare. Introducerea designului inteligent în manualele de ştiințe, în sălile de conferințe şi în laboratoare ar avea costuri incalculabile când vine vorba de depăşirea limitelor descoperirilor ştiințifice (care antrenează economia viitorului). Nu mi-aş dori ca studenții care ar putea să descopere următoarea sursă de energie regenerabilă sau o nouă modalitate de a călători în spațiu să fie învățați că tot ce nu pot înțelege şi tot ce încă nu înțelege nimeni altcineva are o origine divină, aşa că le depăşeşte capacitatea intelectuală. În ziua în care se va întâmpla asta, americanii o să privească cu respect ce nu înțelegem, în vreme ce restul lumii o să înainteze curajos spre zone în care nimeni n-a mai ajuns vreodată.

BIBLIOGRAFIE

Aristotel. 1943. *On Man in the Universe*. New York: Walter J. Black.

Aronson, A., T. Ludlam, ed. 2005. *Hunting the Quark Gluon Plasma: Results from the First 3 Years at the Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC)*. Upton, NY: Brookhaven National Laboratory. Formal Report: BNL–73847.

Atkinson, R. 1931. Atomic Synthesis and Stellar Energy. *Astrophysical Journal* 73: 250-95.

Aveni, Anthony. 1989. *Empires of Time*. New York: Basic Books.

Baldry, K., K. Glazebrook. 2002. The 2dF Galaxy Redshift Survey: Constraints on Cosmic Star – Formation History from the Cosmic Spectrum. *Astrophysical Journal* 569: 582.

Barrow, John D. 1988. *The World within the World*. Oxford: Clarendon Press.

Brewster, David. 1860. *Memoirs of the Life, Writings, and Discoveries of Sir Isaac Newton*, vol. 2. Edinburgh: Edmonston.

[Bruno, Giordano] Dorothea Waley Singer. 1950. *Giordano Bruno (containing On the Infinite Universe and Worlds [1584])*. New York: Henry Schuman.

Burbidge, E. M.; Geoffrey R. Burbidge, William Fowler, Fred Hoyle. 1957. The Synthesis of the Elements in Stars. *Reviews of Modern Physics* 29:15.

Carlyle, Thomas. 2004. *History of Frederick the Great* [1858]. Kila, MT: Kessinger Publishing.

[Central Bureau for Astronomical Telegrams] Brian Marsden, ed. 1998. Cambridge, MA: Center for Astrophysics, 11 martie, 1998.

Chaucer, Geoffrey. 1964. Prolog. *The Canterbury Tales* [1387]. New York: Modern Library.

Clarke, Arthur C. 1961. *A Fall of Moondust*. New York: Harcourt.

Clerke, Agnes M. 1890. *The System of the Stars*. Londra: Longmans, Green, & Co.

Comte, Auguste. 1842. *Coups de la Philosophie Positive*, vol. 2. Paris: Bailliere.

———. 1853. *The Positive Philosophy of Auguste Compte*, Londra: J. Chapman.

Copernic, Nicolaus. 1617. *De Revolutionibus Orbium Coelestium (Latină),* a treia ed. Amsterdam: Wilhelmus Iansonius.
———. 1999. *On the Revolutions of the Heavenly Sphere (Engleză)*. Norwalk, CT: Easton Press.
Darwin, Charles. 1959. Scrisoare către J. D. Hooker, 8 februarie 1874. Din *The Life and Letters of Charles Darwin*. New York: Basic Books.
———. 2004. *The Origin of Species*. Edison, NJ: Castle Books.
DeMorgan, A. 1872. *Budget of Paradoxes*. Londra: Longmans Green & Co.
de Vaucouleurs, Gerard. 1983. Corespondență personală.
Doppler, Christian. 1843. On the Coloured Light of the Double Stars and Certain Other Stars of the Heavens. Conferință susținută la Royal Bohemian Society, 25 mai, 1842. *Abhandlungen der Königlich Böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften*, Praga, 2: 465.
Eddington, Arthur Stanley. 1920. *Nature* 106:14.
———. 1926. *The Internal Constitution of the Stars*. Oxford, Marea Britanie: Oxford Press.
Einstein, Albert. 1952. *The Principle of Relativity* [1923]. New York: Dover Publications.
———. 1954. Scrisoare către David Bohm. 10 februarie. Einstein Archive 8-041.
[Einstein, Albert] James Gleick. 1999. Einstein, *Time*, 31 decembrie.
[Einstein, Albert] Phillipp Frank. 2002. Einstein, *His Life and Times* [1947]. Trans. George Rosen. New York: Da Capo Press.
Faraday, Michael. 1855. *Experimental Researches in Electricity*. Londra: Taylor.
Ferguson, James. 1757. *Astronomy Explained on Sir Isaac Newton's Principles*, a doua ed. Londra: Globe.
Feynman, Richard. 1968. What Is Science. *The Physics Teacher* 7, nr. 6: 313-20.
———. 1994. *The Character of Physical Law*. New York: The Modern Library.
Forbes, George. 1909. *History of Astronomy*. Londra: Watts & Co.

Fraunhofer, Joseph von. 1898. *Prismatic and Diffraction Spectra*. Trans. J. S. Ames. New York: Harper & Brothers.
[Frost, Robert] Edward Connery Lathem, ed. 1969. *The Poetry of Robert Frost: The Collected Poems, Complete and Unabridged*. New York: Henry Holt and Co.
Galen. 1916. *On the Natural Faculties* [c. 180]. Trans. J. Brock. Cambridge, MA: Harvard University Press.
[Galileo, Galilei] Stillman Drake. 1957. *Discoveries and Opinions of Galileo*. New York: Doubleday Anchor Books.
Galileo, Galilei. 1744. *Opera*. Padova: Nella Stamperia.
———. 1954. *Dialogues Concerning Two New Sciences*. New York: Dover Publications.
———. 1989. *Sidereus Nuncius* [1610]. Chicago: University of Chicago Press.
Gehrels, Tom, ed. 1994. *Hazards Due to Comets and Asteroids*. Tucson: University of Arizona Press.
Gillet, J. A., şi W. J. Rolfe. 1882. *The Heavens Above*. New York: Potter Ainsworth & Co.
Gregory, Richard. 1923. *The Vault of Heaven*. Londra: Methuen & Co.
[Harrison, John] Dava Sobel. 2005. *Longitude*. New York: Walker & Co.
Hassan, Z., Lui, ed. 1984. *Ideas and Realities: Selected Essays of Abdus Salam*. Hackensack, NJ: World Scientific.
Heron din Alexandria. *Pneumatica* [c. 60].
Hertz, Heinrich. 1900. *Electric Waves*. Londra: Macmillan and Co.
Hubble Heritage Team. *Hubble Heritage Images*. http://heritage.stsci.edu.
Hubble, Edwin P. 1936. *Realm of the Nebulae*. New Haven, CT: Yale University Press.
———. 1954. *The Nature of Science*. San Marino, CA: Huntington Library.
Huygens, Christiaan. 1659. *Systema Saturnium (Latină)*. Hagae-Comitis: Adriani Vlacq.
———. 1698. *[Cosmotheoros,] The Celestial Worlds Discover'd (Engleză)*. Londra: Timothy Childe.

Impey, Chris, William K. Hartmann. 2000. *The Universe Revealed*. New York: Brooks Cole.
Johnson, David. 1991. *V–1, V–2: Hitler's Vengeance on London*. Londra: Scarborough House.
Kant, Immanuel. 1969. *Universal Natural History and Theory of the Heavens* [1755]. Ann Arbor: Universitatea din Michigan.
Kapteyn, J. C. 1909. On the Absorption of Light in Space*. Contrib. from the Mt. Wilson Solar Observatory*, nr. 42, *Astrophysical Journal*, Chicago: University of Chicago Press.
Kelvin, Lord. 1901, Nineteenth Century Clouds over the Dynamical Theory of Heat and Light. În *London Philosophical Magazine and Journal of Science* 2, Seria 6, p. 1. Newcastle, Marea Britanie: Literary and Philosophical Society.
———. 1904. *Baltimore Lectures*. Cambridge, UK: C. J. Clay and Sons.
Kepler, Johannes. 1992. *Astronomia Nova* [1609]. Trans. W. H. Donahue. Cambridge, Marea Britanie: Cambridge University Press.
———. 1997. *The Harmonies of the World* [1619]. Trans. Juliet Field. Philadelphia: American Philosophical Society.
Lang, K. R., O. Gingerich, ed. 1979. *A Source Book in Astronomy & Astrophysics*. Cambridge: Harvard University Press.
Laplace, Pierre-Simon. 1995. *Philosophical Essays on Probability* [1814]. New York: Springer Verlag.
Larson, Edward J., Larry Witham. 1998. Leading Scientists Still Reject God. *Nature* 394: 313.
Lewis, John L. 1997. *Physics & Chemistry of the Solar System*. Burlington, MA: Academic Press.
Loomis, Elias. 1860. *An Introduction to Practical Astronomy*. New York: Harper & Brothers.
Lowell, Percival. 1895. *Mars*. Cambridge, MA: Riverside Press.
———. 1906. *Mars and Its Canals*. New York: Macmillan and Co.
———. 1909. *Mars as the Abode of Life*. New York: Macmillan and Co.
———. 1909. *The Evolution of Worlds*. New York: Macmillan and Co.

Liapunov, A. M. 1892. *The General Problem of the Stability of Motion*. Lucrare de doctorat, Universitatea din Moscova.
Mandelbrot, Benoît. 1977. *Fractals: Form, Chance, and Dimension*. New York: W. H. Freeman & Co.
Maxwell, James Clerk. 1873. *A Treatise on Electricity and Magnetism*. Oxford, Marea Britanie: Oxford University Press.
McKay, D. S., et al. 1996. Search for Past Life on Mars. *Science* 273, nr. 5277.
Michelson, Albert A. 1894. discursul ținut la inaugurarea laboratorului de fizică Ryerson al Universității din Chicago.
Michelson, Albert A., Edward W. Morley. 1887. On the Relative Motion of Earth and the Luminiferous Aether. În *London Philosophical Magazine and Journal of Science* 24, Seria 5. Newcastle, Marea Britanie: Literary and Philosophical Society.
Morrison, David. 1992. The Spaceguard Survey: Protecting the Earth from Cosmic Impacts. *Mercury* 21, nr. 3: 103.
Nasr, Seyyed Hossein. 1976. *Islamic Science: An Illustrated Study*. Kent: World of Islam Festival Publishing Co.
Newcomb, Simon. 1888. *Sidereal Messenger* 7: 65.
———. 1903. *The Reminiscences of an Astronomer*. Boston: Houghton Mifflin Co.
[Newton, Isaac] David Brewster. 1855. *Memoirs of the Life, Writings, and Discoveries of Sir Isaac Newton*. Londra: T. Constable and Co.
Newton, Isaac. 1706. *Optice (Latină),* Londra: Sam Smith & Benjamin Walford.
———. 1726. *Principia Mathematica (Latină),* Londra: William & John Innys.
———. 1728. *Chronologies*. Londra: Pater-noster Row.
———. 1730. *Optiks*, Londra: Westend of St. Pauls.
———. 1733. *The Prophesies of Daniel*. Londra: Pater-noster Row.
———. 1958. *Papers and Letters on Natural Philosophy*. Ed. Bernard Cohen. Cambridge, MA: Harvard University Press.
———. 1962. *Principia Vol. II: The System of the World* [1687]. Berkeley: University of California Press.
———. 1992. *Principia Mathematica (Engleză)* [1729]. Norwalk, CT: Easton Press.

Norris, Christopher. 1991. *Deconstruction: Theory & Practice*. New York: Routledge.
O'Neill, Gerard K. 1976. *The High Frontier: Human Colonies in Space*. New York: William Morrow & Co.
Planck, Max. 1931. *The Universe in the Light of Modern Physics*. Londra: Allen & Unwin Ltd.
———. 1950. *A Scientific Autobiography (Englezã).* Londra: Williams & Norgate, Ltd.
[Planck, Max] 1996. Quoted by Friedrich Katscher in The Endless Frontier. *Scientific American*, februarie, p. 10.
Ptolemeu, Claudius. 1551. *Almages*t [c. 150]. Basilieae, Basel.
Salaam, Abdus. 1987. The Future of Science in Islamic Countries. Discurs la Summitul Ilamic, Kuwait, http://www.alislam.org/library/salam-2.
Schwippell, J. 1992. Christian Doppler and the Royal Bohemian Society of Sciences. În *The Phenomenon of Doppler*. Praga.
Sciama, Dennis. 1971. *Modern Cosmology*. Cambridge, Marea Britanie: Cambridge University Press.
Shamos, Morris H., ed. 1959. *Great Experiments in Physics*. New York: Dover.
Shapley, Harlow, şi Heber D. Curtis. 1921. *The Scale of the Universe*. Washington, DC: National Academy of Sciences.
Sullivan, W. T. III, B. J. Cohen, ed. 1999. *Preserving the Astronomical Sky*. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific.
Taylor, Jane. 1925. *Prose and Poetry*. Londra: H. Milford.
Tipler, Frank J. 1997. *The Physics of Immortality*. New York: Anchor.
Tucson City Council. 1994. *Tucson/Pima County Outdoor Lighting Code*, Ordonanța Nr. 8210. Tucson, AZ: International Dark Sky Association.
[Twain, Mark] Kipling, Rudyard. 1899. Un interviu cu Mark Twain. *From Sea to Sea*. New York: Doubleday & McClure Company.
Twain, Mark. 1935. *Mark Twain's Notebook*.
van Helden, Albert, trad. 1989. *Sidereus Nuncius*. Chicago: University of Chicago Press.

Venturi, C. G., ed. 1818. *Memoire e Lettere*, vol. 1. Modena: G. Vincenzi.
von Braun, Werner. 1971. *Space Frontier* [1963]. New York: Holt, Rinehart and Winston.
Wells, David A., ed. 1852. *Annual of Scientific Discovery*. Boston: Gould and Lincoln.
White, Andrew Dickerson. 1993. *A History of the Warfare of Science with Theology in Christendom* [1896]. Buffalo, NY: Prometheus Books.
Wilford, J. N. 1999. Rarely Bested Astronomers Are Stumped by a Tiny Light. *The New York Times*, 17 august.
Wright, Thomas. 1750. *An Original Theory of the Universe*. Londra: H. Chapelle.

INDEX DE NUME

A[1]

Alfonso al X-lea, cel Înțelept 549
Ampère, André-Marie 494
Anderson, Carl David 154
Arhimede 166
Aristarh din Samos 57, 358
Aristotel 73, 76, 358, 453-455, 571
Atkinson, Robert d'Escourt 294

B

Baldry, Ivan 252, 571
Balzac, Honoré de 120
Beethoven 45
Berry, Chuck 45
Bessel, Friedrich Wilhelm 58
Bode, Johann Elert 126, 127, 129
Bohr, Niels 550
Bonaparte, Napoleon 558
Bose, Satyendranath 533
Bradley, James 180, 181
Braun, Wernher von 191, 579
Bruno, Giordano 119-121, 547, 572
Bunsen, Robert 219
Burbidge, E. Margaret 291, 572
Burbidge, Geoffrey R. 292, 572

C

Cameron, James 516-518
Cassini, Giovanno 80

---

[1] Numărul paginilor se referă la ediția tipărită a cărții şi la ediția digitală în format PDF.

Cavendish, Henry 170, 171
Celsius, Anders 273
Cezar, Iulius 492
Chadwick, James 295
Chapman, Clark R. 399
Chevreul, M.E. 248
Christina, Marea Ducesă de Toscana 551, 560
Clarke, Arthur C. 145, 572
Comstock, George Cary 280
Comte, Auguste 220, 572
Copernic, Nicolaus 58, 59, 76, 78, 110, 192, 196, 358, 546, 561, 572
Costner, Kevin 471

D

Darwin, Charles 349, 572
Davies, Paul 544
Democrit 120
de Vaucouleurs, Gerard 424, 573
Dirac, Paul A.M. 154, 155, 157, 173
Doppler, Christian 35, 220, 221, 225, 226, 246, 375, 376, 508, 573, 578
Drake, Frank 319-321, 325, 367, 521, 551

E

Eddington, Arthur Stanley 102, 103, 293, 295, 573
Einstein, Albert 24, 25, 48, 64, 156, 168, 182-184, 239, 284, 444, 480, 514, 529, 530, 537, 550, 561, 573
Ellis, Bret Easton 468
Empedocle 178
Eötvös, Loránd 170
Eratostene 92

F

Fahrenheit, Daniel Gabriel 273
Faraday, Michael 494, 573

Feynman, Richard 21, 476, 573
Flamsteed, John 111
Fleischmann, Martin 548
Foster, Jodie 520, 521
Foucault, Jean-Bernard-Léon 94
Fowler, William 292, 297, 572
Franklin, Benjamin 495
Fraunhofer, Joseph von 219, 220, 573

G

Gagarin, Iuri 190
Galileo Galilei 57, 59, 79, 80, 110, 111, 178-180, 272, 279, 546, 547, 551, 560, 561, 566, 574
Gates, Bill 470
Gauss, Carl Friedrich 127
Gell-Mann, Murray 533
George al III-lea, regele Angliei 112
Glazebrook, Karl 252, 571
Gould, Stephen Jay 15, 544
Grigore al XIII-lea, Papa 492, 493
Gundlach, Jens H. 170, 171

H

Haldane, J.B.S. 5
Halley, Edmond 56
Harkins, William D. 294, 295
Harrison, John 491, 574
Hawking, Stephen 245, 538
Heimlich, Henry J. 564
Heisenberg, Werner 164, 172, 480, 561
Henson, Keith şi Carolyn 145
Herodot 73
Heron din Alexandria 272, 574
Herschel, John 125, 252
Herschel, Sir William 59, 111
Hertz, Heinrich 230, 231, 494

Hipparh 56
Hitler, Adolf 372, 496
Hoyle, Fred 292, 297, 434, 572
Hubble, Edwin 26, 31, 34, 63-65, 411, 480, 574
Huygens, Christiaan 80, 119, 346, 558, 559, 575

J

Jansky, Karl 231, 232
Jastrow, Robert 544
Jolly, Philipp von 20
Joule, James Prescott 422, 423, 494
Joyce, James 534

K

Kant, Immanuel 62, 120, 575
Kapteyn, Jacobus Cornelius 59, 60, 280, 575
Kaufman, Philip 520
Kelvin, William Thomson 20, 268, 575
Kennedy 372
Kepler, Johannes 76, 91, 164, 165, 192, 383, 384, 561, 575
Ketterle, Wolfgang 269
Khwarizmi, Muhammad ibn Musa al 166, 488
King, Martin Luther 371, 372
Kipling, Rudyard 546, 578
Kirchhoff, Gustav 219
Kirk, Căpitanul (personaj) 158, 363

L

Lagrange, Joseph-Louis 143, 148
Laplace, Pierre-Simon 196, 384, 557, 558, 566, 575
Lavoisier, Antoine-Laurent 271, 272
Lawrence, Ernest O. 497
Lederman, Leon M. 544
Levy, David H. 128
Liapunov, Alexandr Mihailovici 386, 576
Lippershey, Hans 59

Lovelock, James 322
Lowell, Percival 112-115, 117, 247, 248, 334, 335, 576

M

Mandelbrot, Benoît B. 70-72, 576
Margulis, Lynn 322
Martin, Steve 519
Maxwell, James Clerk 80, 561, 576
McKay, David 478, 576
Melott, Adrian 439
Merkowitz, Stephen M. 170, 171
Michelson, Albert A. 19, 20, 181, 182, 576
Morley, Edward W. 181, 182, 576
Morrison, David 398, 399, 576

N

Newcomb, Simon 20, 577
Newton, Isaac 23, 24, 41, 43, 48, 74, 133, 164, 165, 167-169, 189, 190, 194-197, 218, 220, 273, 384, 386, 545-557, 559, 561, 566, 572, 573, 577
Nicolaus Cusanus 120

O

Oelert, Walter 154
O'Neill, Gerard K. 145, 577
Oort, Jan 135
Osiander, Andreas 58

P

Paczynski, Bohdan 438
Paul al III-lea, Papă 58, 65
Penzias, Arno 235
Perlmutter, Saul 481
Piazzi, Giuseppe 127
Pitagora 26, 73

Planck, Max 20, 21, 36, 164, 171, 172, 185, 186, 480, 532, 577, 578
Pons, B. Stanley 548
Porco, Carolyn C. 83
Porter, Cole 267
Powell, Michael K. 507
Ptolemeu, Claudius 56, 58, 358, 488, 545, 550, 558, 578

R

Roche, Édouard Albert 82
Rodriguez, Alex 190
Rømer, Ole 179, 180, 273
Röntgen, Wilhelm C. 237
Roosevelt 372

S

Sagan, Carl 15, 478, 520
Salam, Abdus 489, 574
Schiaparelli, Giovanni 113
Schultz, Sherman 114
Sciama, Dennis 428, 578
Scott, Ridley 516
Seaborg, Glenn T. 497
Shapley, Harlow 60, 61, 578
Shepard, Alan B. 190
Shoemaker, Eugene M. 134, 432
Shovell, Clowdesley 491
Slovic, Paul 399
Standish, E. Myles Jr. 115
Stuyvesant, Peter 503
Swedenborg, Emanuel 62

T

Templeton, John 544
Tipler, Frank J. 544, 578
Titius, Johann Daniel 126

Twain, Mark 516, 578

V

Volta, Alessandro 494

W

Watt, James 494
Webb, James 147
Wheeler, John A. 444
Whipple, Fred 211
White, Andrew D. 545, 579
Wickramasinghe, Chandra 434
Wilford 475, 579
Wilkinson, David 146
Wilson, Robert 235
Witt, Adolf N. 309
Wollaston, William Hyde 219
Woods, Tiger 190
Wright, Thomas 62, 579

Y

Yeager 520

Z

Zohner, Nathan 338, 339
Zwicky, Fritz 480, 481

INDEX DE SUBIECTE

Symbols[2]

34 Tauri 111
51 Pegasi 205
1744 Harriet, asteroid 128, 131
2316 Jo-Ann, asteroid 128
5051 Ralph, asteroid 128
13123 Tyson, asteroid 128

A

accelerator de particule 262, 455, 498
acetilena 309
acid cianhidric 234
acid formic 309
adenina 345
ADN 222, 309, 346, 348, 349, 479
aerogel 136
Agenția Spațială Europeană 119, 137
Al Aziziyah, Libia 270
albedo 131
alcool etilic 234, 309
algebră 488
Algol 489
algoritm 167, 377, 488
ALH-84001, meteorit 396, 478
Alpha Centauri 372
Altair 489
aluminiul-26, izotop 324
americiu 497
aminoacizi 353

---

[2] Numărul paginilor se referă la ediția tipărită a cărții şi la ediția digitală în format PDF.

amoniac 132, 205, 234, 309, 310, 338, 345, 352
analemă 91
Andromeda, galaxie 63, 178, 199, 276, 410, 412, 435, 450
Antarctica 270, 396, 459, 478
antielectroni 154, 535, 536
antihidrogen 154
antimaterie 153-155, 158, 159, 213, 238, 455, 530, 533, 535-537
antineutrini 535
antiparticule 153, 154, 157
antiquarcuri 535
antracen 309
apă 71, 78, 81, 113, 117, 120, 132, 133, 180, 185, 189, 193, 205-209, 211, 234, 236, 238, 271, 273, 308, 310, 317-320, 322, 323, 329-338, 345, 346, 348, 349, 351-353, 362, 365, 396, 397, 401, 412, 413, 422, 431, 502, 517, 564
  punctul de fierbere 273, 323
  punctul de îngheț 269, 273, 319, 352
  sursele de 348, 431
  temperatura 337, 423
Apollo, misiuni spațiale 141, 256, 309, 330, 402, 457
Apophis, asteroid 404
Arctica 270
Arcturus 56
Arecibo 376, 379
asteroizi 41, 82, 115, 125-129, 131-137, 145, 148, 194, 195, 204, 205, 210, 318, 324, 332, 345, 386, 388, 393-395, 398-404, 409, 562
  centura de 132, 134, 210
  coliziune cu Pământul 134, 398
  compoziția 131, 132, 204
  densitatea 132
  diametru 128, 129, 133, 398, 399
  energia de impact 398, 399
  tip C 131
  tip M 131
  tip S 131
  troieni 135, 148

astrolab 488, 489
astronomie 20, 31, 222, 244, 492, 514
astropoluare 502
atmosferă 47, 57, 112, 116, 119, 120, 190, 191, 208, 212, 237, 257-259, 275, 285, 298, 320, 332, 333, 348, 352, 353, 366, 373, 377, 395, 397, 400, 402, 411, 422, 433, 437, 453, 457, 460, 470, 477, 502, 509, 520
presiunea 209, 329, 348
atomi 23, 44, 71, 102, 106, 130, 154, 169, 204, 213, 218, 220, 232, 233, 256-263, 268, 282-284, 293, 294, 296, 303, 304, 306-308, 310, 311, 329, 344, 345, 347, 351, 360, 362, 410, 411, 436, 445, 528, 537
aurorele 259, 260

B

bacterii 35, 170, 270, 325, 397
Bagdad 488
Balanța, constelație 489
balistică 187, 191
baricentru 76, 77
Barringer, crater 134, 432
Bayeux, tapiserie 455
Baza Vostok, Antarctica 270
Bell, laboratoare 231, 235
benzen 309
beriliu 305
berkeliu 497
Betelgeuse 243, 489
Biblia 56, 455, 551, 560
Big Bang 24, 35, 36, 147, 185, 234, 235, 262, 268, 303, 414, 497, 507, 531, 550
biochimie 70
biologie 25, 313, 353, 367, 559
biomasă 353, 440
Biserica Catolică 111, 120, 358, 454
bismut 361
bomba atomică 309

bosoni 533
Brookhaven, laboratoare 262, 496, 534, 571
Bucle Aurii 317, 318, 320, 321, 366, 412
busola 35, 456

C

calciu 42, 343
Calea Lactee 35, 42, 44, 60-64, 159, 204, 224, 232, 236, 276, 279, 281, 284, 310, 320, 359, 367, 372, 375, 379, 410-412, 420, 427, 435, 462, 503, 508, 522
  centrul 34, 60, 61, 198, 231, 359, 450
  coliziunea cu Andromeda 410
  dimensiunile 425
calendarul gregorian 493
calendarul iulian 492, 493
calendarul lunar 493
calendarul solar 492
Califatul Abasizilor 487
californiu 497
Callisto, lună 110
Capella 219
carbon 37, 42, 116, 130-132, 205, 211, 234, 281, 296, 305, 306, 308-310, 313, 321, 333, 345, 347, 348, 351, 360, 366, 410
cartografie 75, 113, 233
Carul Mare 456
Cassini, navă spațială 81, 83, 119
catastrofism 432
Cavendish, laboratorul 293, 295
câmp magnetic 35, 157, 225, 256, 258, 259
ceasul sideral 490
ceasurile atomice 491
Celsius, scara 273, 348
Ceres 127, 129
CERN 154, 498
cesiu 219
Charon 135
Chicxulub, crater 399, 402, 432, 433

chimie 14, 23, 24, 219, 256, 282, 292, 303, 304, 337, 338, 351, 353, 360, 367
China 44, 192, 193, 486
cianodiacetilenă 234
cianogen 211
cimpanzei 22, 26
Clementine, sondă spațială 330
climat 79, 322, 323, 400, 431
comete 41, 47, 56, 82, 111, 115, 125, 128, 133-137, 147, 192, 210-212, 259, 313, 318, 330, 332, 345, 348, 386, 394, 395, 398, 399, 402, 403, 409, 412, 434, 435, 453, 455, 503, 557, 562
coada 210, 211, 259
orbite 135
Consiliul pentru longitudine 491
constanta gravitațională 45, 164, 165
constanta lui Planck 164, 172, 185, 186
constelații 61, 90, 243, 248, 459, 461, 489, 517, 522
convecție 103, 106, 337
coroană solară 210
coroniu 210
crater 134, 331, 350, 395, 396, 399-401, 433
Cretacic 432, 433
Crucea Nordului, constelație 461
Crucea Sudului, constelație 459, 461, 462
culori 34, 42, 209, 218, 219, 229, 231, 243-246, 251, 259, 280, 311, 456, 457

D

Dactyl 132
Deimos, lună 135
design inteligent 563
deuteriu 332, 536
Devonian 433
diferențiere 130
dinozauri 128, 395, 402, 405, 431, 432
dioxid de carbon 116, 132, 321, 333, 366

diviziunea Cassini 80, 83
Dumnezeu 56, 196, 358, 384, 538, 539, 543-545, 549-551, 555-561, 566

E

echinocții 88, 89, 459, 460, 492
ecosistem 324, 395, 400
ecuator 74, 89, 93, 184, 247, 460
ecuația lui Drake 321, 325, 367
efectul de seră 116, 319, 321, 332, 335
efectul Doppler 220, 221, 375, 376, 508
electricitate 256, 421, 495
electromagnetism 531
electroni 26, 44, 102, 103, 156, 209, 210, 213, 218, 220, 256, 257, 259, 260, 261, 262, 263, 303, 306, 310, 311, 347, 528, 530, 533, 534, 536, 537
  în plasmă 259, 260
  în vântul solar 209, 260
  liberi 259, 262
  sarcina 156, 185, 186
elemente 24, 35, 43, 130, 131, 205, 208, 212, 218, 219, 225, 243, 270, 287, 291-297, 303-306, 310, 324, 343, 344, 347, 351, 360, 361, 375, 379, 410, 453, 465, 496, 497, 515, 549, 560
analiza spectrală 43, 131
descoperire 291
grele 225, 287, 291, 379
izotop 184, 296
în stele 102
setul aristotelic 208
eclipse 77, 165, 192, 193
$E = mc^2$ 156, 284, 529, 530, 531, 534, 535
energie 21, 25, 26, 32, 36, 45, 55, 99, 100, 102-106, 116, 118, 120, 121, 141, 144, 147, 153, 154, 156, 158, 159, 163, 171, 172, 198, 209, 211, 213, 231, 232, 237, 238, 245, 257, 261, 268, 271, 272, 274-276, 283-285, 287, 292, 294, 296, 297, 304-307, 310-312, 317-319, 322, 323, 333, 335, 336, 338,

345, 346, 348, 368, 374, 385, 387, 394-403, 413-415, 419-422, 424, 426, 436-439, 448, 449, 481, 494, 497, 504, 514, 529-535, 537, 567
absorbție 104, 294
conversia 159, 421
de impact 335, 398-400, 402, 403
geotermală 323, 324, 413
gravitațională 537
întunecată 26
radioactivă 324
solară 45, 102, 292, 333
termonucleară 211
Eros, asteroid 136, 486
etanol 352
eter luminifer 181
etilenglicol 309
Europa, lună 110, 120, 322, 323, 336, 366
evoluție 13, 22, 24, 27, 103, 137, 222, 286, 297, 319, 321, 322, 324, 366, 367, 383, 385, 386, 389, 410, 415, 558
excentricitate 192, 193, 389
exobiologie 360
Explorer 1, satelit 191
extratereştri 247, 357, 362-364, 376, 377, 479, 520
extremofile 121, 270, 323, 349

F

Fahrenheit, scara 273
fier 42, 130, 193, 205, 210, 236, 247, 287, 296, 306, 349, 400
filtre 247, 250, 251
fizica cuantică 294
fizica particulelor 36, 153, 154
flogistic 271
formaldehidă 234, 309
forță de atracție (gravitațională) 41, 47, 64, 76, 82, 168-170, 190, 204, 257, 312, 320, 322, 336, 387, 394, 397, 426, 447, 449, 458, 505, 556
forță nucleară puternică 284

forțe centrifuge 142, 143, 145
forțe mareice 445-448, 514
fosfor 343
fosile 366, 396, 402
fotoni 100-106, 235, 502, 530, 531, 535-537
fractali 72
fracții 166, 466, 468
fricțiune 310
fuziune nucleară „la rece” 548

G

galaxii 14, 24, 35, 43, 55, 60-64, 159, 165, 169, 178, 195, 198, 199, 204, 213, 224-226, 231, 233, 236, 246, 251, 252, 255, 258, 276, 279, 280, 282, 286, 287, 298, 304, 320, 329, 338, 344, 359, 365, 367, 372, 375, 379, 387, 410-414, 419, 420, 424, 425, 427, 435, 449, 450, 476, 480, 486, 503, 508, 520, 521, 562
  active 420, 421, 424
  anti- 159
  binare 43
  câmpul gravitațional 457
  coliziune 159, 199, 410, 562
  roiuri 165, 379, 449
  unde radio din 34, 224, 231, 232, 420
  viteza 64, 223
Galileo, sondă spațială 132, 336
Gamma Draconis 180
Ganimede, lună 110
găuri de vierme 36
găuri negre 35, 36, 43, 48, 198, 199, 204, 207, 238, 245, 263, 299, 414, 419, 421, 423, 424, 426, 427, 436, 438, 443-450, 486, 514, 515, 527, 537, 538, 543, 562
  centrul 444-447
  masa 207, 426
  motoarele galactice 417, 423
  orizontul de evenimente 207, 421, 423, 424, 426, 436, 444, 446-448

Genesis, satelit 147
geoid 75, 76
geologie 353
geometrie 53, 92
Georgium Sidus 112
gigante roşii 286, 298
giganți gazoşi 82, 357, 387
glicina 234, 346
glicoaldehidă 309, 346
gluoni 262, 268
gravitație 24-26, 42, 47, 48, 61, 64, 77, 81, 82, 92, 133, 141-146, 158, 169, 189-191, 193, 194, 196, 198, 220, 225, 238, 256, 263, 282, 296, 297, 307, 331, 394, 403, 404, 412, 414, 424, 426, 443-445, 447, 456-458, 480, 481, 527, 532, 533, 550, 556
anti- 158
centru comun de 142
teoria relativității 64
zero 145, 193
Greenwich, observator 363, 490, 491, 492

H

hadroni 498, 535
Halley, cometă 211, 455
Hayden, planetariu 485, 505
heliu 42, 44, 99, 100, 130, 211, 219, 259, 261, 263, 281, 284, 287, 292, 294-297, 303, 305, 306, 343, 344, 361, 410, 536
Hercule, constelație 379
hidrocarburi policiclice aromatice 309, 352
hidrogen 42, 44, 99, 130, 211, 232, 233, 261, 263, 284, 287, 292, 294, 296, 297, 303-306, 308, 309, 329, 331, 332, 343-345, 347, 361, 362, 410, 536
hidroxil 310
hiperbolă 193, 194
hipernovă 437, 438
Hollywood 134, 360, 362, 364, 519
Hubble, telescop spațial 63, 146, 208, 224, 249, 258, 411, 509

Huygens, navă spațială 119, 352
Hyakutake, cometă 403

I

Ida, asteroid 132
iluminat public 502, 503, 504, 505
imponderabilitate 197
indigo 218, 231
infraroşii 104, 105, 131, 230, 231, 235-237, 246, 281, 283, 359, 420, 537, 561
interferometru 181, 239
Io, lună 110, 120, 179, 336
ionosferă 260, 373-375
ipoteza Gaia 322
iridiu 184, 432, 495
izotopi 184, 296

J

James Webb, telescop 147
Juno 127
Jupiter 23, 47, 56, 59, 74, 82, 109, 110, 112, 118-120, 126, 127, 129, 133-135, 148, 179, 192, 194, 195, 198, 251, 318, 322, 336, 352, 357, 362, 366, 372, 387, 401, 402, 486, 547, 556

K

Keck, telescoape 222, 475
Kelvin, scara 268, 270, 274
Kuiper, centură 115, 133, 135

L

L5, societate 145
laser 239, 338
latitudine 74, 93, 362, 363, 459-461, 517
lawrențiu 497
Lebăda, constelație 462

legile fizicii 41-43, 168, 196, 346, 347, 372, 476, 527, 529, 544, 545, 550, 561
leptoni 533-535
lilieci 31, 229
limita Roche 82
litiu 303, 304, 343, 536
longitudine 184, 362, 363, 490, 491, 517
lumină 20, 24, 32, 34, 35, 42, 46, 55, 60, 61, 63, 71, 73, 82, 99-101, 104, 105, 110, 111, 113, 116, 119, 120, 127, 131, 158, 171, 177-185, 193, 207, 209, 210, 212, 217-219, 221-225, 229, 231, 232, 235-239, 244-246, 248-252, 259, 260, 262, 263, 275, 279, 280-283, 285, 309-311, 323, 325, 330, 331, 338, 345, 361, 362, 372, 375, 378-380, 387, 401, 412, 419-421, 425, 435, 436, 438, 439, 443, 444, 455-457, 481, 502-504, 509, 517, 518, 528, 530, 531, 533, 536, 537, 561, 562
absorbție a 60, 280
ca undă 104, 181, 184, 221, 250, 259
invizibilă 229, 246, 562
în găurile negre 245, 263
solară 131
ultravioletă 231, 237, 263, 312, 345
vizibilă 104, 105, 116, 131, 225, 231, 232, 235, 236, 245, 252, 260, 282, 283, 338, 366, 375, 378, 420, 530, 531, 533, 537, 561
Lună 32, 41, 46, 56, 73, 75-77, 92, 94, 95, 110, 129, 141-148, 169, 194, 197, 210, 230, 257, 275, 309, 320, 329, 330, 331, 364, 396, 398, 401, 423, 426, 457-460, 469, 486, 489, 505-509, 515-517, 519, 530, 546, 547, 561
apa de pe 330
craterele de pe 330, 331, 396, 398
eclipsa de 73, 519
fazele 75, 383
polii 330
temperatura 329, 330
luni păstorițe 81
luni planetare 112, 125, 133

M

M13, roi globular 379
M87, galaxie 449
magnetită 565
magneziu 306
Marea Pată Roşie 47, 112
Mariner 4, navă spațială 117
Mars Observer, sondă spațială 470, 471
Marte 23, 56, 109, 112-114, 116-118, 126, 127, 129, 130, 135, 148, 192, 243, 247-249, 317, 318, 321, 333-335, 339, 348, 352, 366, 387, 396, 397, 401, 478, 482, 486, 556
  apa 113, 334, 335, 339, 348
  atmosfera 348, 352, 470
  calote polare de gheață 112, 113, 117, 247, 334, 335
  canalele 112, 113, 247, 334
  viața 334, 335, 397, 478, 479, 482
masă 34, 42, 43, 48, 61, 76, 156, 157, 159, 167-169, 190, 194, 203, 205, 207, 224, 282, 284-287, 291, 295, 296, 304, 305, 343, 367, 387, 388, 401, 414, 426, 436, 447, 449, 450, 530
  a găurilor negre 426, 447, 449
  în relație cu gravitația 61
  în relație cu volumul 203, 205, 207
  în teoria relativității 48, 168
maser (microunde amplificate prin stimularea emisiunii radiației) 338
matematică 126, 163, 165, 166, 195, 196, 384, 465, 466, 488, 521
materie 13, 14, 21, 25, 26, 35, 47, 48, 76, 81, 99, 106, 130, 147, 153-159, 163, 189, 204, 207, 208, 211, 238, 239, 256, 258, 261-263, 268, 281, 286, 287, 304, 339, 343, 346, 351, 361, 387, 394, 397, 414, 419, 421, 424, 433, 439, 444, 456, 466, 481, 496, 504, 514, 527, 529-531, 533-537, 562
materie întunecată 26, 47, 48, 481
măsuri şi greutăți 184, 495
mecanica cuantică 20, 21, 24, 25, 36, 102, 171, 213, 293, 297, 480, 531, 532, 550
Mercur 20, 56, 109, 112, 126, 192, 196, 322, 387, 401, 411, 486

meridianul zero 362, 492
metan 115, 205, 309, 338, 352, 353
meteoriți 134, 217, 386, 396, 399, 432, 440, 478, 482, 505
meteorologie 246, 385
microbi 346
microunde 34, 35, 146, 147, 231, 233-235, 261, 281, 310, 311, 338, 375, 486, 506, 507, 531, 537, 565
miuon 153
modulații de frecvență 373-375
molecule 70, 71, 119, 137, 207, 209, 218, 222, 223, 233, 234, 251, 256, 257, 259, 271, 274, 275, 281, 285, 286, 304, 307-313, 329, 330, 338, 344-348, 350-352, 362, 394, 436, 437, 445, 507, 533
formarea 307, 308, 311, 344, 345, 347, 394, 396
legăturile 311, 445, 533
stabilitate 345
molibden 361
monoxid de carbon 37, 234, 308, 310, 345
Mount Wilson, observator 63
multivers 65, 359, 538

N

NASA 45, 119, 134, 136, 147, 190, 191, 230, 398, 399, 401, 470, 471, 518
nebuliu 44, 212, 251
nebuloase 35, 43, 44, 61, 63, 147, 224, 258, 279, 286, 293, 503
Nemesis (steaua ucigaşă) 434
neon 259, 296, 378
Neptun 82, 112, 115, 126, 192, 198, 269, 270, 352, 387, 486, 566
neutrini 153, 238, 239, 533
nori gazoşi 62, 224, 225, 243, 251, 258, 281, 282, 304, 307, 308, 338, 414, 424, 448
moleculele de apă din 338
rolul în formarea stelelor 304
Norul Oort 135
nuclee atomice 263, 303, 536

nucleotide 345

O

oceanul planetar 75
Opportunity, robot spațial 397
orbite 42, 59, 76-78, 81-83, 91, 115, 125, 127, 133-135, 141, 143, 145, 146, 148, 179, 190, 192-197, 205, 208, 212, 237, 255, 312, 318, 319, 321, 336, 365-367, 379, 384-389, 394-396, 398, 401, 403, 404, 409, 411-413, 420, 426, 431, 434, 437, 448, 449, 471, 506, 509, 547, 556-559, 562
Orion, constelație 243, 286, 489, 522
oxigen 35, 42, 44, 130, 209, 212, 251, 287, 296, 306, 329, 331, 344, 347, 351, 360, 361, 413, 436, 437
ozon 237, 400, 436, 437

P

paleontologie 353
Pallas 127
pandemie 434
panspermie 397
parapsihologie 33
particule subatomice 71, 164, 171, 292, 496, 497
Paşte 492, 493
Pământul 22, 24, 25, 35, 41-44, 47, 53, 54, 56-60, 64, 73-77, 79, 89-94, 99, 104, 110-113, 116-121, 126, 127, 129, 130, 133-135, 137, 141-149, 169, 171, 179-182, 189-194, 197, 198, 205, 207-212, 219, 225, 226, 231, 234, 236, 237, 249, 256-260, 270, 275, 294, 298, 303, 304, 309, 310, 317-324, 329, 331-334, 336, 338, 343, 344, 346-353, 358-365, 367, 371-376, 379, 386-388, 394,–398, 400-405, 409-413, 415, 422, 423, 426, 431-438, 440, 443, 445, 453, 455-460, 469, 478, 479, 482, 490, 491, 495, 501, 502, 505, 506, 508, 509, 517, 519, 520, 522, 546, 547, 556, 561, 562, 564
atmosfera 112, 190, 191, 197, 207, 208, 209, 258, 259, 260, 332, 333, 352, 373, 397, 411, 422, 460
axa 57, 91, 144, 376, 561

câmpul gravitațional 457
circumferința 92, 190, 191
distanța față de Soare 317, 318
masa 169, 171, 210, 362
miezul 130, 193
polii magnetici 259, 458
şi coliziunile asteroizilor 134, 324, 394, 395, 398, 399, 404, 409, 433
temperatura 258, 270, 275, 318, 319, 333, 411
pendul 92, 93, 94, 558
percepție fiziologică 247
perioada Planck (bariera) 532
perioadă de înjumătățire 298
permafrost 270, 335, 349
Permian 433
Perseus, constelație 489
Philosophiae naturalis principia mathematica 74, 133, 167, 189, 384, 556
Phobos, lună 135
pi 165-167, 185, 186
Pioneer 44, 81, 118, 212, 379, 470
piren 309
pistoale radar 221, 506
pitică albă 205
pitică maro 285
Planeta X 112, 115
planete 13, 33, 41, 44, 53, 57, 74, 75, 77, 78, 80, 82, 83, 92, 93, 109-112, 115-120, 125-127, 129-131, 133, 135, 137, 147, 148, 158, 164, 165, 179, 192, 195, 196, 198, 205, 206, 213, 225, 230, 233, 247, 259, 261, 268, 287, 313, 317-322, 324, 325, 331-336, 338, 344-347, 349, 350, 352, 353, 357-362, 365-367, 372, 373, 377, 379, 384, 386, 387, 389, 394, 395, 397, 401, 402, 409, 411-413, 427, 433, 435, 436, 440, 453, 459, 476, 479, 489, 520, 521, 556, 557, 561, 562
atmosfera 259
exosolare 121, 137, 357
formarea 287

proto- 130
plasmă 43, 255-263, 268, 571
platină 184, 495
plumb 170, 203, 206, 366
Pluto 115, 118, 127, 135, 136, 192, 196, 269, 389, 394
plutoniu 361
poli magnetici 458
Polul Nord 75, 93, 184, 495
Polul Sud 75
postzicere 546
potasiu 324
pozitroni 155-157, 238, 535, 536
praf cosmic 257, 281, 345
praştie (efect de) 118, 198
Premiul Nobel 19, 235, 237, 489, 496, 544
presiune atmosferică 116, 209, 318, 329, 348
principiul copernican 59, 61, 358-361
principiul incertitudinii 164, 172
prisme 42, 218, 219
problema celor trei corpuri 194, 195
proteine 234, 309, 346
protoni 26, 156, 209, 238, 256, 259, 262, 284, 292, 295-297, 305, 308, 455, 530, 534, 536
psihrofile 270
Psyche, asteroid 132
pulsari 203, 204, 414, 507, 562
punctele lui Lagrange 135, 143

Q

quarcuri 156, 262, 268, 534, 535
quasari 224, 225, 232, 255, 299, 420, 421, 424, 425, 427, 449, 486, 507, 543

R

rachetă balistică 191
rachete 141, 149, 168, 191, 256, 309, 322, 403, 404

radiația cosmică de fond 238
radon 36
raze gamma 34, 35, 100, 104, 105, 156, 157, 159, 172, 231, 238, 245, 296, 437-440, 481, 486, 530, 531, 562
raze X 34, 35, 104, 225, 231, 238, 260, 425, 438, 448, 562
relativitate 21, 24, 25, 36, 48, 64, 168, 182, 184, 239, 414, 444, 480, 529, 531, 532
teoria generală 21, 48, 64, 239, 414, 444, 531, 532
teoria restrânsă 21, 168, 182, 184, 529
religie 165, 544, 545, 548, 549, 560
retină 35, 114, 231, 235, 237, 243, 250, 251
rezistența aerului 189, 190, 397, 422, 454
Rigel 243, 489
roiuri globulare 61, 379
Rose Center 115, 127, 128
Rosetta, navă spațială 137
rubidiu 219

S

sarcină electrică 156, 259, 282, 387, 494, 534
Sarsen (cercul) 94
sateliți 53, 75, 77, 81, 119, 132, 146, 147, 179, 190-192, 197, 208, 236, 259, 269, 329, 386, 437, 438
Saturn 56, 79, 80-82, 83, 109, 112, 118, 119, 126, 192, 198, 206, 207, 232, 352, 387, 485, 486, 556, 558
Saturn V, rachetă 141, 149, 191, 458
Săgetător, constelație 35, 61
seaborgiu 497
semnal de bandă largă 374, 375
sferoid aplatizat 74, 75
Shoemaker Levy 9, cometă 47, 402
Sidereus Nuncius 111, 279, 574, 578
silicat 131
siliciu 130, 281, 306, 308, 351
Sirius 372
sistem metric 495
sistemul gravitațional Soare-Pământ 147, 148

sistemul solar 13, 43, 47, 59, 60, 61, 77, 91, 111, 117-120, 125, 129, 131, 133, 137, 148, 195, 196, 198, 205, 210, 220, 286, 313, 317-319, 321, 324, 332-334, 336, 350, 359, 379, 383-387, 389, 394-397, 401, 403, 412, 427, 434, 435, 486, 556, 557, 559, 562
formarea 129, 286, 313, 317, 324
stabilitatea 196, 556, 557
smog 437
Soare 20, 32, 42, 56-59, 73, 75-78, 88-91, 93, 95, 99-, 110, 113, 116, 120, 125-130, 132, 133, 135, 146-148, 159, 164, 165, 181, 192, 194-196, 205, 208, 210-212, 219, 225, 237-239, 244, 258-260, 262, 269, 275, 282, 284-287, 293, 304, 317-320, 322, 324, 330, 331, 336, 357, 358, 366, 372, 376, 378, 383, 384, 386-388, 395, 396, 404, 409-415, 426, 435-438, 440, 447, 449, 450, 455-457, 459, 460, 481, 482, 491, 509, 515, 519, 521, 530, 536, 537, 546, 547, 556, 561
ca centru al sistemului solar 58, 110, 192, 358, 546
culoare 244, 456, 457, 459
densitatea 100
eclipsa 32, 260, 456, 459
energia 103, 211, 237, 275, 318, 319, 387, 413, 415, 438
lumina emisă 104, 105, 116, 210, 387, 509
miezul 99, 211, 239, 269, 410, 537
moartea 410, 435
pete 547
raza 103
temperatura 537
solstițiu 89, 94
spațiu 20, 24, 34, 36, 44, 54, 55, 57, 60, 62, 64, 65, 73, 76, 77, 82, 104, 120, 130, 142, 144, 145, 147, 149, 163, 177, 182, 186, 191, 194, 196-198, 204, 208, 210-213, 217, 230, 239, 243, 258, 260, 261, 268-270, 275, 276, 280-282, 286, 298, 303, 304, 307, 309, 310, 319, 320, 324, 334, 343, 345, 349, 350, 362, 363, 365, 371, 372, 374, 375, 377, 379, 385, 388, 389, 399, 411-413, 415, 419, 421, 432-434, 436, 443, 444, 446, 448, 456-458, 478, 485, 502, 527, 529, 531, 561, 567
călătorii în 149, 260, 261, 270, 415, 567

densitatea 413
infinitatea 62
interplanetar 104, 204, 208, 210, 212, 379, 388, 411, 412, 478
temperatura 275
spectru electromagnetic 34, 230, 231, 235, 239, 310, 365, 374, 506-508, 562
Spirit, robot spațial 397
Sputnik 1, satelit 190
Stardust, sondă spațială 136, 147
Star Trek 33, 158, 261, 363, 495
stele 13, 34, 35, 42, 43, 45, 54-57, 59-63, 76, 79, 90, 93, 102, 111, 112, 120, 125, 127, 128, 129, 135, 158, 159, 165, 180, 195, 198, 199, 204, 205, 211, 212, 213, 217, 219-221, 223-226, 233, 236-239, 243-245, 251, 257, 258, 263, 269, 276, 279-287, 291, 293-298, 304-307, 309, 311, 312, 320, 321, 324, 335, 338, 343-345, 350, 352, 357, 365-368, 372, 373, 375, 379, 387, 394, 410, 412-415, 419, 420, 423-427, 434-436, 438, 439, 448, 449, 453-457, 461, 476, 480, 481, 489, 490, 503, 505, 509, 517, 520-522, 530, 536, 537, 561, 562
aberația luminii 180
binare 43, 366, 386
căzătoare 257, 453
culori 243, 280
elemente produse 287, 293, 295, 297, 304
formarea 204, 224, 236, 251, 281-283, 286, 287, 320, 375
moartea 291, 343, 436
neutronice 414
supergigante 243, 269
Stonehenge 94, 95
stratosferă 400, 433
supernovă 269, 287, 291, 297, 306, 414, 436-439, 454, 481, 486

T

tabelul periodic al elementelor 43, 212, 292, 306, 351, 496
tardigrade 270, 271
Taurul, constelație 454

tehneţiu 298
telescoape 34, 54, 56, 57, 59, 60, 62, 63, 65, 79, 80, 110-112, 114, 127, 146, 181, 209, 222, 232-234, 237-239, 243, 249-251, 272, 279, 281, 376, 379, 402, 420, 438, 475, 480, 490, 501, 504, 505, 507-509, 520, 547, 560-562
cu infraroşii 105, 230, 231, 246, 281
cu microunde 146, 231, 233-235, 281
cu unde radio 115, 230-233, 246
televiziune prin cablu 376-378
temperatură 20, 42, 43, 70, 104, 116, 121, 154, 157, 171, 184, 211, 220, 225, 234, 235, 237, 244, 246, 256-259, 267-269, 271-276, 282, 284, 285, 292, 295, 297, 303, 305, 306, 308, 312, 318, 319, 323, 325, 330, 333, 337, 338, 344, 345, 350-352, 365, 366, 402, 410, 411, 413-415, 422, 423, 437, 531, 535, 537
a aerului 116, 275, 333, 337, 366
a corpului 273
a Soarelui 537
a universului 268, 275, 276, 303, 414, 415, 531, 537
extreme 323, 367
scările 20, 274
teologie 545
teoria corzilor 25, 36, 482, 550
teoria perturbaţiilor 196, 558
termofile 270, 323, 324, 325
termoscop 272
timp 14, 15, 24, 27, 31, 34, 37, 43, 45, 46, 56, 58, 64, 65, 74, 76, 77, 83, 89, 90, 93, 95, 101, 103, 112, 130, 136, 137, 141-143, 146-148, 159, 163, 164, 172, 173, 177, 180, 182-186, 198, 207, 210, 211, 221, 236, 237, 239, 257, 258, 260, 262, 270, 274-276, 284, 285, 297, 304, 306, 318, 320, 324, 330, 331, 334, 345, 346, 348, 361, 367, 371, 372, 378, 386, 388, 389, 394-397, 399, 403, 410, 411, 421, 422, 434, 436, 437, 439, 443, 445, 446, 454, 457, 460, 461, 465, 467, 468, 471, 493, 496, 505, 509, 514, 518, 527, 529, 531-534, 543, 548, 551, 556, 564, 565
determinarea 490

dilatarea 514
tipuri de nori 520
Titan, lună 119, 352, 353
Titius-Bode, lege 126, 127, 129
transmisiuni 232, 258, 260, 373, 374, 378, 565
radio 146, 232, 260, 371, 373, 380, 565
TV 260, 371, 373, 378, 380
Triasic 433
trigonometrie 22, 93
tritiu 536
Triton, lună 269
tropice 89
tsunami 404, 563
tungsten 245, 378
Tunguska (meteorit) 399

U

unde lungi 104
unde medii 260, 374
unde scurte 104, 260, 373
unități astronomice 127-129, 135
univers 5, 9, 10, 13, 15, 21-27, 31, 34-37, 41, 43, 45, 47, 48, 53, 57-65, 72, 110, 119, 121, 128, 153, 155, 159, 163-165, 168, 173, 177, 183, 185, 186, 192, 194, 195, 203, 204, 206, 207, 213, 217-220, 222, 224-226, 230-233, 235, 236, 238, 239, 243, 252, 262, 263, 267-269, 274-276, 291-294, 297, 299, 303-305, 307, 310, 343, 344, 347, 351, 352, 357-, 366-368, 371, 375, 384, 385, 389, 404, 410, 412-415, 419, 421, 425, 428, 433, 438, 443-446, 448, 453, 458, 465, 466, 475, 477, 479, 480-482, 486-488, 497, 501, 502, 506, 508, 514, 515, 519, 527, 528, 530-539, 543, 545-548, 550, 551, 555, 561-563, 565, 566
accelerarea expansiunii 26
expansiunea 24, 26, 35, 64, 213, 226, 275, 276, 303, 412-415, 438, 480, 481, 508, 531
gravitația 426, 481
moartea 410, 413, 415

stadiile primordiale 275, 537
temperatura 268, 275, 276, 303, 414, 415, 531, 537
vârsta 173, 186, 226, 537
uraniu 130, 310, 497
Uranus 82, 112, 125, 127, 198, 352, 387, 389, 486

V

V2, rachetă 191
Vanguard 1, satelit 75
Vatican, observator 492
vânt solar 259
Venus 56, 59, 109, 110, 112-114, 116-118, 126, 130, 192, 269, 317, 318, 321, 322, 332-334, 352, 366, 387, 401, 411, 486, 547
atmosfera 116, 321, 333, 352, 366
temperatura 116, 322, 366
vizibilitatea 110, 113
Vesta 127
viață 15, 22, 23, 25, 35-37, 56, 64, 65, 99, 116, 120, 121, 125, 128, 129, 134, 137, 154, 156, 163, 167, 172, 173, 203, 213, 218, 232, 234, 255, 270, 283, 287, 296, 298, 303, 304, 307, 311, 312, 317, 319-325, 334-338, 343-353, 357-368, 375, 395-398, 402, 404, 409, 410, 412-415, 427, 433, 434, 440, 443, 448, 461, 466, 477, 478, 479, 482, 502, 503, 505, 506, 520, 521, 523, 528, 530, 536, 537, 539, 544, 547-549, 559
extraterestră 44, 95, 260, 319, 323, 365, 368, 375, 478
forme inteligente 320, 357, 360, 365-368, 520, 521
originea 336, 398, 559
structură moleculară 251
vid 99, 157, 164, 177, 178, 181, 184, 185, 208, 213, 375, 402, 443, 481
Viking, misiune spațială 249, 470
viteza luminii 45, 46, 99-101, 156, 164, 168, 177, 178, 180-186, 198, 225, 260, 284, 361, 372, 421, 443
viteză supersonică 136, 191, 287
Voyager, misiuni spațiale 44, 45, 81, 118, 119, 212, 363, 379, 470

Vulturul, constelație 489

Z

zero absolut 235, 268, 274, 276, 282, 284
zidul sonic 395
ziua solară 90
zona locuibilă 121, 317, 320-324, 335

CUPRINS

Prefață

Mulțumiri

Prolog: Începuturile ştiinței

Secțiunea întâi. Natura cunoaşterii. Provocarea de a şti ceea ce este de ştiut în univers

1. Să ne venim în simțiril
2. Precum în Cer, aşa şi pe Pământ
3. Să vezi şi să nu crezi
4. Capcana informației
5. O ştiință cu mijloace conservatoare

Secțiunea a doua. Cunoaşterea naturii. Provocarea de a descoperi din ce este alcătuit cosmosul

6. O călătorie din centrul Soarelui
7. Parada planetelor
8. Vagabonzii sistemului solar
9. Cele cinci puncte ale lui Lagrange
10. Antimateria ca materie

Secțiunea a treia. Căile şi mijloacele naturii. Modul în care natura se prezintă minții iscoditoare

11. Importanța de a fi constant

12. Limitele de viteză

13. Puțină balistică

14. Despre densitate

15. Dincolo de curcubeu

16. Ferestre cosmice

17. Culorile cosmosului

18. Plasma cosmică

19. Foc şi gheață

Secțiunea a patra. Sensul vieții. Provocările şi reuşitele puse de descoperirea modului în care am ajuns aici

20. Înapoi în praf

21. Făurit în stele

22. Excursie în nori

23. Bucle Aurii şi cele trei planete

24. Apă, apă!

25. Spațiul viu

26. Viața în univers

27. Balonul nostru radio

Secțiunea a cincea. Când universul se face rău. Toate modalitățile prin care cosmosul vrea să ne ucidă

28. Haos în sistemul solar

29. Ce ne aşteaptă

30. Sfârşituri ale lumii

31. Motoare galactice

32. Fă-i praf!

33. Moartea într-o gaură neagră

Secțiunea a şasea. Ştiința şi cultura. Interfața accidentată dintre descoperirea cosmosului şi reacția publicului

34. Ce zice lumea

35. Teama de cifre

36. Despre perplexitate

37. Urme în nisipurile ştiinței

38. Să se facă întuneric!

39. Nopțile Hollywoodului

Secțiunea a şaptea. Ştiința şi Dumnezeu. Când căile spre cunoaştere se ciocnesc

40. La începuturi

41. Războaiele sfinte

42. Anvergura ignoranței

Bibliografie

Index de nume

Index de subiecte